

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος  
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος**

**«Μελέτη της επίδρασης της δόσης άρδευσης στην  
ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής θερμοκηπιακής  
καλλιέργειας τομάτας σε τέσσερα διαφορετικά  
υποστρώματα»**

**Πτυχιακή Διατριβή**

**Αγγελική Χριστοφόρου**

**Επιβλέπων  
Καθηγητής Κωνσταντίνος Κίττας**

**Νέα Ιωνία, 2011**

**«Μελέτη της επίδρασης της δόσης άρδευσης στην  
ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής θερμοκηπιακής  
καλλιέργειας τομάτας σε τέσσερα διαφορετικά  
υποστρώματα»**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9472/1  
Ημερ. Εισ.: 01-04-2011  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2011  
ΧΡΙ

### **Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Κ. Κίττας (Επιβλέπων)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Ν. Κατσούλας (Μέλος)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Χ. Λύκας (Μέλος)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής  
Γεωργικές Κατασκευές  
Επίκουρος Καθηγητής  
Γεωργικές Κατασκευές με έμφαση στα  
Θερμοκήπια  
Λέκτορας  
Ανθοκομία

**Αγγελική Χριστοφόρου**

**«Μελέτη της επίδρασης της δόσης άρδευσης στην  
ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής θερμοκηπιακής  
καλλιέργειας τομάτας σε τέσσερα διαφορετικά  
υποστρώματα»**

LACEC ISBN no: 0001-01-1-2011

## Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Κίττα Κωνσταντίνο Καθηγητή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το εν λόγω θέμα. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Κατσούλα Νικόλαο που με βοήθησε σημαντικά σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας, αφιερώνοντας αρκετό από τον χρόνο του και υποδεικνύοντας μου υπομονετικά αρκετά χρήσιμα πράγματα. Ευχαριστώ επίσης και τον κ. Λύκα Χρήστο Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συμμετοχή του στην Τριμελή Επιτροπή για τη διόρθωση της εργασίας αυτής. Τέλος σημαντικό ρόλο σε αυτή την προσπάθεια μου έπαιξε και η οικογένεια μου καθώς και οι φίλοι μου, που με στήριξαν καθ' όλη την διάρκεια της και θα ήθελα να τους ευχαριστήσω.

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1. Γενική Εισαγωγή .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Γενικά.....</b>	<b>10</b>
1.1.1. Θερμοκήπιο .....	10
1.1.2. Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα .....	10
<b>1.2 Υδροπονία .....</b>	<b>12</b>
1.2.1. Υδροπονικά Καλλιεργούμενες εκτάσεις .....	13
1.2.2. Μέθοδοι καλλιέργειας .....	14
1.2.3. Πλεονεκτήματα.....	14
1.2.4. Μειονεκτήματα.....	15
1.2.5. Μικροκλίμα .....	16
1.2.6. Υδροπονικά συστήματα.....	19
1.2.7. Υδροπονικές μέθοδοι.....	19
1.2.8. Ποσότητα νερού .....	27
1.2.9. Ποιότητα νερού .....	27
1.2.10. Συστήματα άρδευσης.....	27
<b>Κεφάλαιο 2. Θεωρητική Ανάλυση.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3 Γενικά για την τομάτα .....</b>	<b>38</b>
2.3.1. Καταγωγή .....	38
2.3.2. Θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας.....	40
2.3.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά .....	41
<b>Κεφάλαιο 3. Πειραματικός Εξοπλισμός .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Τοποθεσία του πειράματος.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 Περιγραφή θερμοκηπίων.....</b>	<b>48</b>
3.2.1. Υποστρώματα .....	48
3.2.2. Θέρμανση .....	49
3.2.3. Αερισμός.....	50
<b>3.3 Περιγραφή της καλλιέργειας.....</b>	<b>50</b>
3.3.1. Εγκατάσταση της καλλιέργειας.....	50
3.3.2. Διάταξη φυτών.....	51
3.3.3. Καλλιεργητικές φροντίδες.....	51



3.3.4. Άρδευση- Λίπανση .....	52
<b>3.4 Περιγραφή μετρήσεων .....</b>	<b>53</b>
3.4.1. Κλιματικές μετρήσεις .....	53
3.4.2. Βιολογικές μετρήσεις.....	54
<b>3.5 Στατιστική ανάλυση.....</b>	<b>56</b>
<b>Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα και Συζήτηση .....</b>	<b>57</b>
<b>4 Αποτελέσματα .....</b>	<b>58</b>
4.1 Ύψος Φυτών .....	58
4.2 Αριθμός Φύλλων.....	62
4.3 Αριθμός Κόμβων .....	66
4.4 Αριθμός σταυρών .....	70
4.5 Αριθμός Των Ανθέων .....	74
4.6 Αριθμός Καρπών .....	78
4.7 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	82
<b>Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα .....</b>	<b>86</b>
<b>Κεφάλαιο 6. Βιβλιογραφία .....</b>	<b>90</b>

## **1 Γενική Εισαγωγή**



## **1.1 Γενικά**

### **1.1.1 Θερμοκήπιο**

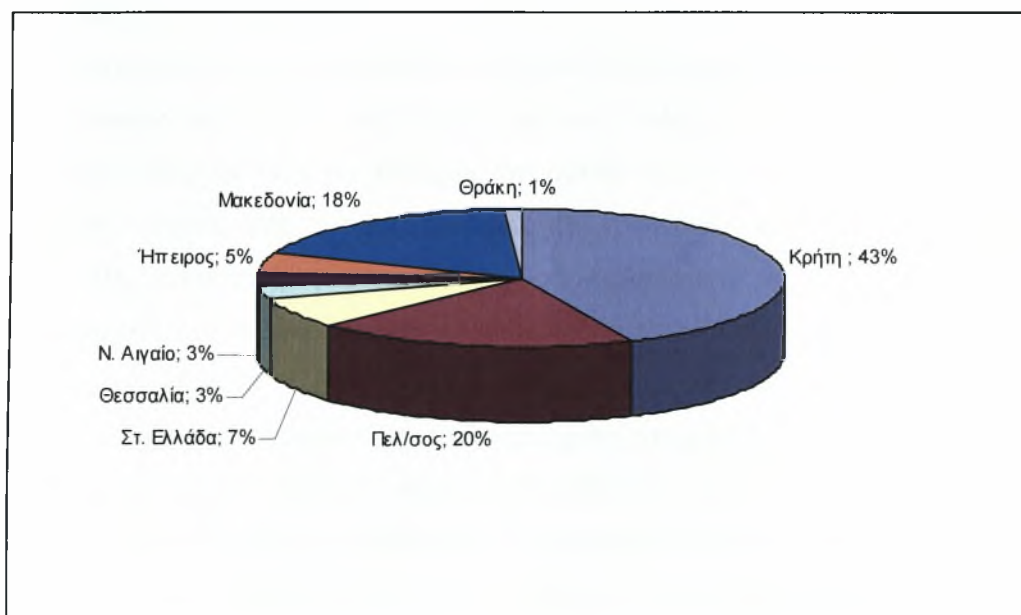
Το θερμοκήπιο είναι ένας στεγασμένος και περιφραγμένος χώρος, που στόχο έχει την προστασία των καλλιεργειών από αντίξοες καιρικές συνθήκες του χειμώνα. Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι κατασκευασμένα από μεταλλικούς ή ξύλινους σκελετούς και να καλύπτονται από γυαλί ή από διάφορα πλαστικά υλικά. Η κατασκευή των θερμοκηπίων εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, που επικρατούν τους χειμωνιάτικους μήνες σε μια περιοχή και από το είδος των φυτών που πρόκειται να καλλιεργηθούν. Τα θερμοκήπια των βόρειων χωρών έχουν βαριές κατασκευές και, πολλές φορές αποτελούνται από διπλά τζάμια και διπλή οροφή. Τα θερμοκήπια αυτά θερμαίνονται. Αντίθετα, στις νότιες περιοχές της Ελλάδος, όπως π.χ. στη νότια Μεσσηνία και στην Κρήτη, οι κατασκευές είναι πολύ ελαφριές και συνήθως αποτελούνται από πλαστικό απλωμένο πάνω σε ξύλινο σκελετό, χωρίς να θερμαίνεται. Στα θερμοκήπια καλλιεργούνται φυτά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που δεν είναι δυνατό να ευδοκιμήσουν έξω στην ύπαιθρο. Τα τελευταία χρόνια η τεχνική της καλλιέργειας μέσα στα θερμοκήπια έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό. Έτσι, όλο το χρόνο στην Ελλάδα παράγονται κηπευτικά προϊόντα όπως, τομάτες, μελιτζάνες, κολοκύθια κλπ., που καλύπτουν τις ανάγκες της εγχώριας αγοράς, ενώ ένα μεγάλο μέρος προορίζεται για εξαγωγή. Ακόμη στα θερμοκήπια καλλιεργούνται και ανθοκομικά είδη που ευδοκимуούν μόνο το καλοκαίρι ή είδη τροπικών χωρών, που σε διαφορετικές περιπτώσεις θα ήταν αδύνατη η καλλιέργειά τους.

#### **1.1.2. Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα**

Στη χώρα μας οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για την παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Η σημαντική εξάπλωση τους αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων. Αργότερα παρατηρήθηκαν και αρκετές βιοτεχνίες κατασκευής θερμοκηπίων, οι οποίες βελτίωσαν σημαντικά τις κατασκευές. Έτσι παρατηρήθηκε μια σημαντική ανάπτυξη των θερμοκηπίων, τα οποία έφτασαν στα 43.564 στρ. το 1999. Από το σύνολο αυτό το 95,6% είναι καλυμμένα από πλαστικό και το 4,2% είναι υαλόφρακτα.

Οι παράγοντες που συνετέλεσαν στην αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα είναι αρκετοί. Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες είναι οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Το ήπιο κλίμα που επικρατεί σε πολλές περιοχές, είναι ευνοϊκό και παρέχει την δυνατότητα καλλιέργειας σε πολύ απλές κατασκευές χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερα ακριβός εξοπλισμός. Η εντατικοποίηση των καλλιεργειών και η ανάγκη εξασφάλισης υψηλότερου εισοδήματος από μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος αποτέλεσαν ισχυρά κίνητρα για την ανάπτυξη των θερμοκηπίων. Επίσης ένας ακόμα παράγοντας είναι η αύξηση της ζήτησης των θερμοκηπιακών προϊόντων στην εσωτερική αγορά. Τέλος η γεωργική πολιτική του κράτους ενθάρρυνε την προώθηση των καλλιεργειών αυτών με την θέσπιση οικονομικών κινήτρων και την εκτέλεση αρδευτικών και άλλων έργων.

Η Κρήτη, η Πελοπόννησος και τα νησιά του νότιου Αιγαίου είναι οι περιοχές που συγκεντρώνουν το 65% των θερμοκηπίων της χώρας. (Σχήμα 1.1). (Μαυρογιαννόπουλος, 2005)



Σχήμα 1.1. Κατανομή θερμοκηπίων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα (Μαυρογιαννόπουλος, 2005)

## 1.2 Υδροπονία

Με τον όρο υδροπονία ή χωρίς έδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως τεχνητή καλλιέργεια και ανέδαφος γεωργία. Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα, όταν χρησιμοποιούνται οργανικά ή άλλα μη αδρανή υποστρώματα. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε πορώδη υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα.

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κ.λπ.) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Γενικά, για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία. Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος, στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο περισσότερο νερό υπάρχει, τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει, και αντίθετα, με αποτέλεσμα τότε το ένα και τότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος, επίσης σημαντικό είναι το πρόβλημα διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στη ρίζα, γιατί δεσμεύονται στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στην περιοχή της ρίζας. Με τις υδροπονικές καλλιέργειες τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη ρύθμιση της τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες και χημικά αδρανών.

Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγαλύτερο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση των επιπτώσεων των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Γενικά, ενώ στο έδαφος στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν όλα τα ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών και δεν ασχολείται ο καλλιεργητής με αυτά, στην περίπτωση των υδροπονικών καλλιεργειών όλα αυτά, όπως και όλα τα μακροστοιχεία, θα πρέπει να προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα. Το έδαφος παρέχει τη δυνατότητα στη ρίζα να αναπτυχθεί σε μεγάλη έκταση, κάτι που δε συμβαίνει στα υδροπονικά συστήματα. Όμως, στα τελευταία και κυρίως στου κλειστού τύπου, σχεδόν όλη η επιφάνεια της ρίζας καλύπτεται συνεχώς από θρεπτικό διάλυμα γι' αυτό σπάνια μπορεί να συμβεί έλλειψη θρεπτικών στοιχείων, αν αυτά έχουν προστεθεί από τον καλλιεργητή στην σωστή δοσολογία. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές στα κλειστά συστήματα. Στο έδαφος υπάρχει η δυνατότητα αντιστάθμισης ορισμένων ακραίων ενεργειών (μεγάλη αδράνεια του συστήματος), όπως π.χ. η χρήση πολύ όξινου ή πολύ αλκαλικού διαλύματος, ενώ στην υδροπονική καλλιέργεια δεν παρουσιάζεται σημαντική αδράνεια στο περιβάλλον της ρίζας, με συνέπεια οποιαδήποτε λανθασμένη ενέργεια, π.χ. η χρησιμοποίηση πολύ όξινου ή πολύ αλκαλικού διαλύματος, να έχει άμεσο αρνητικό αποτέλεσμα στα φυτά. Στα υδροπονικά συστήματα χρησιμοποιούνται πιο καθαρές μορφές λιπασμάτων, ώστε να είναι πλήρως υδατοδιαλυτά.

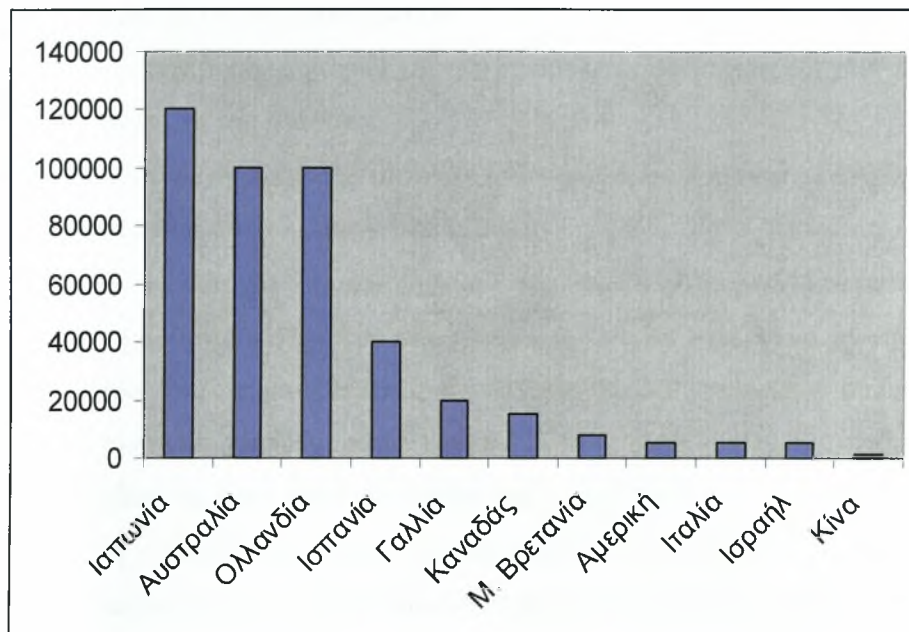
Οι περιποιήσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά διαφέρουν από αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος, ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας και μόνο, ενώ ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της κόμης, είναι ίδιες με αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος, π.χ. κλάδεμα, γονιμοποίηση ανθέων, φυτοπροστασία της κόμης κλπ.

### **1.2.1 Υδροπονικά Καλλιεργούμενες εκτάσεις**

Η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει σήμερα δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου και ιδιαίτερα τις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία, περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-82, έφθασαν πάνω από 100.000 στρέμματα σήμερα. Σχεδόν όλα τα παραγόμενα κηπευτικά σ' αυτή τη χώρα παράγονται υδροπονικά. Στη Βόρειο Αμερική εκτιμάται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των καρποφόρων λαχανικών, που καταναλώνονται, παράγονται υδροπονικά, ανεξάρτητα από τη χώρα παραγωγής τους. Η συνολική έκταση σ' όλο τον κόσμο εκτιμάται κάπως μικρότερη από 600.000



στρέμματα. Κατ' εκτίμηση, η καλλιεργούμενη έκταση με υδροπονικές μεθόδους σε διάφορες χώρες παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2. Η καλλιεργούμενη έκταση με υδροπονικές μεθόδους σε διάφορες χώρες (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

### 1.2.2 Μέθοδοι καλλιέργειας

Οι κυριότερες εμπορικές μέθοδοι καλλιέργειας είναι: καλλιέργεια σε υπόστρωμα ορυκτοβάμβακα, σε σάκους ινών καρύδας, σε περλίτη και σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό, είναι η καλλιέργεια σε άμμο (κυρίως σε τοπική άμμο) και καλλιέργεια σε πριονίδι. Περιπτώσιακά χρησιμοποιείται σ' όλο τον κόσμο και η καλλιέργεια σε χαλίκι μικρής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό).

### 1.2.3 Πλεονεκτήματα

Οι υδροπονικές καλλιέργειες παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως είναι:

- η απαλλαγή των φυτών από τις ασθένειες εδάφους και επομένως αποφυγή της επιβάρυνσης της επιχείρησης με το κόστος της απολύμανσης, που είναι συνήθως σημαντικό,
- η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος,



- Χειρωνακτικές εργασίες που απαιτούνται για την καλλιέργεια όπως είναι η λίπανση, η άρδευση, η απολύμανση, η καλλιέργεια του εδάφους κ.α. έχουν μειωθεί σε σημαντικό βαθμό
- Η διατήρηση του νερού και των θρεπτικών συστατικών οδηγούν στη μειωμένη μόλυνση του εδάφους
- η αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με λιπαντικά στοιχεία (ιδιαίτερα στα κλειστά συστήματα),
- η ευκολότερη τεχνικά ρύθμιση του θερμικού περιβάλλοντος της ρίζας, η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης, ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους, όπως αυτή της κατεργασίας του εδάφους
- η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται βελτίωση του εδάφους, δημιουργία ειδικών εδαφικών μειγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, ζιζανιοκτονία κλπ.

#### **1.2.4 Μειονεκτήματα**

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι υδροπονικές καλλιέργειες συνοψίζονται στα εξής:

- είναι σχετικά ευαίσθητα συστήματα καλλιέργειας, χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών
- για ένα καλό αποτέλεσμα απαιτούνται περισσότερες από τις συνήθεις γνώσεις του καλλιεργητή.
- Το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλό
- Οι ασθένειες των φυτών και οι νηματώδεις μπορούν να εξαπλωθούν γρήγορα σε όλα τα φυτά, κυρίως στα κλειστά συστήματα
- Η αντίδραση των φυτών στη διακύμανση της θρέψης των φυτών είναι γρήγορη. Έτσι ο παραγωγός θα πρέπει να ελέγχει τα φυτά κάθε μέρα.

### 1.2.5 Μικροκλίμα

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών στο θερμοκήπιο, μπορεί να χωριστούν σε δυο ομάδες:

α) Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού, που επιτελούνται στο υπέργειο μέρος του και είναι κυρίως η ακτινοβολία, η θερμότητα, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα.

β) Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού που επιτελούνται στη ρίζα και είναι κυρίως η θερμότητα, το νερό, το οξυγόνο, τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και το pH.

#### 1.2.5.1 Θερμοκρασία

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας πρέπει να γίνεται με βάση:

1. την αναγκαιότητα προσαρμογής στις συνθήκες φωτισμού
2. τις ημερήσιες και νυκτερινές θερμικές απαιτήσεις
3. την ανάγκη ύπαρξης ισορροπίας μεταξύ των συνθηκών θερμοκρασίας στον αέρα και το έδαφος
4. τις οικονομικές και τεχνικές δυσκολίες

Για την καλλιέργεια της τομάτας, οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση της γύρης κυμαίνονται ανάμεσα στους 21- 29°C. Θερμοκρασίες υψηλότερες ή χαμηλότερες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση του άνθους. Σε υψηλές θερμοκρασίες επιμηκύνεται υπερβολικά ο στύλος του άνθους, παραμορφώνονται οι ανθήρες και επιβραδύνεται η βλάστηση των γυρεόκοκκων. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 32°C, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, τότε μειώνεται απότομα η καρπόδεση. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από 13°C, μειώνεται μέχρι 20% η διάρκεια ζωής και γύρης και η γονιμότητα της, παραμορφώνονται οι ανθήρες και λιγοστεύει ο αριθμός των ανθέων στις ανθοταξίες (web 5) .

#### 1.2.5.2 Φως

Ο παράγοντας αυτός είναι αποφασιστικής σημασίας για την ομαλή ανάπτυξη και παραγωγή της τομάτας. Παίρνει μέρος και καθορίζει τις περισσότερες και σπουδαιότερες λειτουργίες της. Σε έλλειψη ή ανεπάρκειά του, έστω αν οι λοιποί

παράγοντες βρίσκονται σε άριστα επίπεδα, το φυτό δε αναπτύσσεται κανονικά. Το φως επιδρά:

1. στην ανάπτυξη του φυτού και στη διάρκεια του βλαστικού κύκλου
2. στη διαφοροποίηση των ιστών και στη δημιουργία σταθεροποιητικών ουσιών
3. στην ανάπτυξη και αύξηση των ριζών
4. στο μέγεθος, σχήμα, αριθμό, χρωματισμό βλαστών, φύλλων και καρπών
5. στην άνθηση, καρπόδεση, ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής (χρώμα, γεύση, κούφωμα, εμφάνιση), πρωιμότητα άνθησης και καρποφορία
6. στη δημιουργία βιταμινών, χρωστικών ουσιών, ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες, ασθένειες κ.α.

Προβλήματα στα φυτά από περίσσεια ή ανεπάρκεια φωτός δημιουργούνται το καλοκαίρι και τον χειμώνα, αντίστοιχα. Το χειμώνα, γιατί δεν επαρκεί να καλύψει τις συνολικές ημερήσιες ανάγκες της καλλιέργειας, ή επαρκεί μόνο για λίγες ώρες την ημέρα, στα επίπεδα που το χρειάζονται τα φυτά. Το λίγο φως, οι χαμηλές θερμοκρασίες και οι υψηλές υγρασίες την εποχή αυτή, καθιστούν την καλλιέργεια της τομάτας σε πολλές περιοχές προβληματική. Γι' αυτό από τον καλλιεργητή χρειάζεται προσοχή στις ενέργειές του σε θερμοκήπιο, πριν από την κατασκευή του και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, για να αξιοποιεί στο έπακρον την ηλιακή ακτινοβολία που υπάρχει και να μην χειροτερεύει την κατάσταση. Το καλοκαίρι, προβλήματα δημιουργούνται στην αύξηση του φυτού, στην καρπόδεση και στην ποιότητα των καρπών του. Το φως επιδρά στο φυτό με την ποιότητα, την ένταση και τη διάρκειά του (φωτοπερίοδος). Η τομάτα είναι, μάλλον, μετρίων απαιτήσεων σε φωτοπερίοδο. Ανθίζει και καρποφορεί καλύτερα σε διάρκεια ημέρας κάτω των 12-13 ωρών και σε ένταση φωτός 10.000-40.000 LUX. Αρχίζει να αποσυνθέτει στα 2000 LUX ή και ακόμα λιγότερο. Τεχνητή αύξηση του φωτός στο θερμοκήπιο δεν συνηθίζεται, γιατί επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος της καλλιέργειας. Περισσότερο αυτή εφαρμόζεται στα φυτώρια για αύξηση, κυρίως, της φωτοπερίοδου. (Ολύμπιος, 1990)

### 1.2.5.3 Υγρασία

Είναι παράγοντας, που επηρεάζει πολλές βασικές λειτουργίες του φυτού. Η υγρασία επιδρά στο άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων του φύλλου. Σε φυσιολογικά επίπεδα σχετικής υγρασίας (55-70%) αυτά παραμένουν ανοιχτά. Το άνοιγμά τους δραστηριοποιεί τους μηχανισμούς του φυτού για τον εφοδιασμό του με νερό, με θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος, με διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα κλπ. Είναι προϋπόθεση και για την εξατμισοδιαπνοή, χάρη στην οποία διατηρείται η θερμοκρασία του φυτού σταθερή σε κανονικά επίπεδα. Η υψηλή σχετική υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου, δημιουργεί συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη και διάδοση πολλών ασθένειών.

Η άριστη σχετική υγρασία του αέρα στην οποία γίνεται η γονιμοποίηση των ανθέων σε φυτά τομάτας είναι γύρω στο 60-70%. Σε υψηλή σχετική υγρασία ή σε υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα, η γύρη απελευθερώνεται δύσκολα ή καθόλου. Στις συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας, η γύρη σχηματίζει υγρά συσσωματώματα που δεν είναι εύκολο να επικαθίσουν στον ύπερο και ως εκ τούτου δεν έχουμε ικανοποιητική καρπόδεση.

### 1.2.5.4 Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι μεγάλης σημασίας για την αύξηση της παραγωγής των φυτών. Σε συγκεντρώσεις 1000-1200 ppm επιταχύνεται ο ρυθμός ανάπτυξης, αυξάνεται η παραγωγή, βελτιώνεται η ποιότητα του προϊόντος. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικό και προκαλεί ζημιές στα φυτά. Σε μικρές συγκεντρώσεις καθυστερεί η ανάπτυξη, μειώνεται η παραγωγή και η ποιότητα των προϊόντων.

Στην ατμόσφαιρα η περιεκτικότητά του κυμαίνεται γύρω στα 300 ppm, ενώ μέσα στο θερμοκήπιο φτάνει και σε επίπεδα κάτω των 150 ppm. Είναι φανερό πως είναι συνεχώς παράγοντας περιοριστικός. Τα φυτά έτσι είναι υποχρεωμένα να αναπτύσσονται και να παράγουν σε περιβάλλον με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>, που πολλές φορές φτάνουν να είναι μέχρι και 10 φορές χαμηλότερες των κανονικών.

### 1.2.6 Υδροπονικά συστήματα

Ένα ολοκληρωμένο υδροπονικό σύστημα αποτελείται από:

1. Το σύστημα παρασκευής και ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος που τροφοδοτεί την καλλιέργεια
2. Το σύστημα άρδευσης
3. Το υπόστρωμα και το σύστημα στήριξης της καλλιέργειας
4. Το σύστημα απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος

### 1.2.7 Υδροπονικές μέθοδοι

Η ανάπτυξη των φυτών έξω από το φυσικό έδαφος δημιουργεί την ανάγκη να δημιουργηθεί ένα τεχνητό ελεγχόμενο περιβάλλον στην περιοχή της ρίζας. Ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορεί να ταξινομηθούν σε διάφορα συστήματα και μεθόδους.

Επειδή το οργανικό υπόστρωμα δεν είναι εντελώς αδρανές, η καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα δε συμπεριλαμβάνεται από μερικούς ερευνητές στην καθαρή υδροπονία, αλλά θεωρείται ως ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας χωρίς έδαφος.

Γενικά, στην επιχειρηματική παραγωγή μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχει μια μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας που να δίνει το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα σ' όλες τις περιπτώσεις. Το βέλτιστο σύστημα καλλιέργειας για μια συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται από παράγοντες όπως: κλίμα, κόστος πρώτων υλών, ενέργειας, εργασίας και το επίπεδο γνώσεων. Η αποδοτικότητα της κάθε μεθόδου πλην των άλλων εξαρτάται και από τη σωστή ρύθμιση της δόσης και της συχνότητας της άρδευσης, που είναι διαφορετικές στις διάφορες μεθόδους, γιατί εξαρτώνται από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του περιβάλλοντος της ρίζας.

Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μηδενική ή ελάχιστη εναλλακτική ικανότητα, χημική αδράνεια, σταθερή δομή, κατάλληλο pH και μικρή περιεκτικότητα σε άλατα.
- Ικανοποιητική αναλογία νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- Ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης

- Μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού
- Να επιτρέπει την ομαλή κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος
- Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- Να είναι εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- Να μην πληγώνει τις ρίζες των φυτών (Savvas et al, 2001).

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια σήμερα είναι: καλλιέργεια σε ορυκτοβάμβακα (Rockwool Culture), καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT) και καλλιέργεια σε σάκους καρύδας. Άλλα συστήματα που καλλιεργούνται σε σημαντικό βαθμό η καλλιέργεια σε άμμο (κυρίως σε τοπική άμμο, όπως στο Ισραήλ) και καλλιέργεια σε υπόστρωμα από πριονίδι (κυρίως στον Καναδά). Επίσης, αναπτύσσεται αρκετά στην Ελλάδα, στην Ιταλία και στην Αγγλία η καλλιέργεια σε σάκους με περλίτη, οριζόντιους ή κάθετους. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται σε πολύ μικρή όμως κλίμακα και η καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα, ενώ σε αρκετές περιοχές σ' όλο τον κόσμο γίνεται η καλλιέργεια σε χαλίκι, μικρής διαμέτρου.

#### **1.2.7.1 Καλλιέργειες σε ανόργανα πορώδη υποστρώματα**

##### **Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα ή Rockwool Culture**

Ο πετροβάμβακας είναι διογκωμένο ανόργανο υλικό. Οι πρώτες ύλες από τις οποίες γίνεται είναι ο βασάλτης, ασβεστόλιθος, και γαιάνθρακας, σε αναλογία 4: 1: 1. Τα υλικά αυτά θερμαινόμενα λιώνουν σε θερμοκρασία 1500-1600°C και εξωθούνται σε καλούπι, έτσι ώστε να διαμορφωθούν σε ίνες. Κατά το κρύωμα ψεκάζεται με φαινολητίνη, που μειώνει την επιφανειακή τάση και αυξάνει τη διαβρεκτικότητα του πετροβάμβακα στο νερό. Οι πόροι καταλαμβάνουν 87-96% του όγκου του. Έχει βάρος 52-75 κιλά ανά m<sup>3</sup>. Στην αρχή της καλλιέργειας αντιδρά αλκαλικά και γι' αυτό χρειάζεται λίγος χρόνος ώσπου να εξουδετερωθεί. Το pH του είναι περίπου 7. Παρουσιάζει πολύ χαμηλή ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η συνήθης χημική σύνθεση του ορυκτοβάμβακα είναι: SiO 47%, CaO 16%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14%, MgO 10%, FeO 8%, Na<sub>2</sub>O 2%, TiO 1%, MnO 1%, K<sub>2</sub>O 1% .





**Εικόνα 1.1. Πετροβάμβακας**

([http://www.hydrohobby.co.uk/product/grodan\\_rockwool\\_cubes/](http://www.hydrohobby.co.uk/product/grodan_rockwool_cubes/))

Ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται για 1 έως 3 χρόνια και μετά πρέπει να ανακυκλώνεται. Αν δεν είναι δυνατή η ανακύκλωσή του, απορρίπτεται σε βάθος μέσα στο έδαφος και καλύπτεται με παχύ στρώμα χώματος. Η απόρριψή του στον ανοιχτό χώρο εγκυμονεί κινδύνους για τον άνθρωπο, γιατί, όταν στεγνώσει, οι λεπτές ίνες του παρασύρονται από τον άνεμο και αιωρούνται, με αποτέλεσμα να εισέλθουν με την αναπνοή στους πνεύμονες του ανθρώπου.

#### Καλλιέργεια σε σάκους με περλίτη

Ο περλίτης είναι ορυκτό, αργιλοπυριτικό, ηφαιστειογενούς προέλευσης, με 3-4% κρυσταλλικό νερό. Για την παρασκευή του διογκωμένου περλίτη θερμαίνονται οι κόκκοι του ορυκτού στους 1000°C, όπου λόγω του κρυσταλλικού νερού διογκώνονται. Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διογκωμένοι κόκκοι διαμέτρου 1,5-3 χιλιοστά. Έχει υψηλό πορώδες 65-82%, αλλά ένα μέρος του είναι κλειστό πορώδες. Το βάρος του είναι 94-128 kg/m<sup>3</sup> και μπορεί να συγκρατήσει 3πλάσιο ή 4πλάσιο νερό σε σχέση με το βάρος του. Το pH στην αρχή είναι 6,5-7,5, δεν έχει σημαντική ρυθμιστική ούτε και εναλλακτική ικανότητα ιόντων και δεν περιέχει άλατα.



*Εικόνα 1.2. Περλίτης (Web 6)*

Ο περλίτης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που υφίσταται κατά την παρασκευή του, θεωρούνται αποστειρωμένα υλικά (απαλλαγμένα μικροοργανισμών). Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή όμως, ώστε να μη μολύνονται με έδαφος κατά τους χειρισμούς της τοποθέτησής τους στο χώρο καλλιέργειας.

#### Καλλιέργεια φυτών σε κατακόρυφη στήλη

Το σύστημα κατακόρυφης καλλιέργειας δημιουργείται με κρεμάμενους σάκους ή με αυτοστηριζόμενους πλαστικούς σωλήνες είτε με κιβώτια που τοποθετούνται κατακόρυφα, το ένα πάνω στο άλλο. Ως πορώδες υπόστρωμα χρησιμοποιείται συνήθως περλίτης ή κάποιο μείγμα περλίτη και οργανικού υλικού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για μικρού ύψους φυτά. Το ύψος της κάθε στήλης καλά είναι να μην υπερβαίνει το 1,5m, για θερμοκήπια μέσου ύψους, γιατί δημιουργείται έντονος ανταγωνισμός για το φως στα κατώτερα φυτά.

Η άρδευση γίνεται με σταλάκτες που τοποθετούνται ένας στο υψηλότερο σημείο της στήλης και τουλάχιστον άλλος ένας στα 2/3 του ύψους της στήλης. Το σύστημα μπορεί να δημιουργηθεί ανοιχτό ή κλειστό.



#### Καλλιέργεια σε σάκους με ελαφρόπετρα

Η Ελληνική ελαφρόπετρα είναι προϊόν της δράσης του ηφαιστείου της Νισύρου ή της Θήρας πριν 200000 χρόνια. Χαρακτηρίζεται από πορώδη δομή που προέρχεται από τη διαφυγή αερίων της λάβας κατά την απότομη ψύξη του μείγματος. Οι ιδιότητές της ήταν γνωστές από την αρχαιότητα. Η κοκκομετρική ποικιλία που κυκλοφορεί στην αγορά είναι: 0-5mm, 0-8mm και 5-8mm και 0-16mm. Το pH της ελαφρόπετρας είναι σχεδόν ουδέτερο και η ηλεκτρική αγωγιμότητά της χαμηλή. Κατά μέσο όρο η ελαφρόπετρα αποτελείται από οξείδιο του πυριτίου 72%, οξείδιο του αργιλίου 12,7%, τριοξείδιο του σιδήρου 1,1%, οξείδιο του ασβεστίου 1,5%, οξείδιο του μαγνησίου 0,3%, οξείδιο του καλίου 4,3%, οξείδιο του νατρίου 3,5% και διάφορα άλλα απροσδιόριστα 4,8%.

Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους, σε δοχεία, σε υπερυψωμένα κανάλια καλλιέργειας, τα οποία δημιουργούνται με πολυστερίνη ή πλαστικό φύλλο στηριγμένο σε μεταλλικό σκελετό.

#### Καλλιέργεια σε άμμο

Ανόργανο υλικό με pH περίπου 7 (εξαρτάται πολύ από την προέλευση και το μητρικό υλικό). Δε χρησιμοποιείται η άμμος που προέρχεται από ασβεστόλιθο, γιατί με το όξινο θρεπτικό διάλυμα, που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες, διαλυτοποιείται το ασβέστιο. Έχει χαμηλό πορώδες 36-38% και παρουσιάζει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Είναι ένα βαρύ υλικό, πολύ βαρύτερο από όλα τα διογκωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα ( $1503-1822 \text{ kg/m}^3$ ).



*Εικόνα 1.3. Άμμος (Web 6)*

Έχει χαμηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα. Η άμμος που προέρχεται από ποταμούς δεν περιέχει άλατα, αλλά πριν χρησιμοποιηθεί απαιτείται να αποστειρωθεί.

Η καλλιέργεια γίνεται συνήθως με το ανοιχτό σύστημα μέσα σε λεκάνες ή αυλάκια που δημιουργούνται στο έδαφος και απομονώνονται από το υπόλοιπο έδαφος με πλαστικό φύλλο.

#### Καλλιέργεια σε λεκάνες με χαλίκια

Είναι ένα κλειστό σύστημα καλλιέργειας. Με τη μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται σε λεκάνες πλάτους 80-120 εκατοστών του μέτρου και βάθους 20 έως 30 εκατοστών (Όταν η λεκάνη βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και καλλιεργούνται μικρού ύψους φυτά, επιλέγεται το μικρότερο πλάτος της λεκάνης, γιατί διευκολύνονται οι καλλιεργητικές εργασίες).

Η τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος σε αυτό το σύστημα γίνεται με συνεχή πλημμυρικά γεμίσματα της λεκάνης μέχρι ύψους 5 εκατοστών από το χείλος της και στη συνέχεια, από το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης στραγγίζει το θρεπτικό διάλυμα πίσω στη δεξαμενή.

Το χαλίκι που χρησιμοποιείται προέρχεται κυρίως από γρανίτη διαμέτρου 3-12mm. Δε χρησιμοποιείται χαλίκι που προέρχεται από ασβεστόλιθο γιατί διαλυτοποιείται το ασβέστιο από το όξινο θρεπτικό διάλυμα. Η ρίζα αναπτύσσεται μέσα στις κροκάλες, συγκρατώντας στην επιφάνειά της νερό σε κάθε πλημμυρίδα. Η συχνότητα της άρδευσης ρυθμίζεται, έτσι ώστε η πλημμυρίδα να ξεκινά μόλις έχει γίνει πλήρης στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος από τη λεκάνη. Η κατάληψη του χώρου της

λεκάνης από το νερό και η απόσυρσή του δρα και ως αντλία αέρα, διευκολύνοντας την καλή οξυγόνωση της ρίζας.

#### Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη

Ανόργανο υλικό με pH περίπου 7-8. Έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, Υψηλό πορώδες 74-85% και χαμηλή πυκνότητα ( $107-158\text{kg/m}^3$ ). Δεν περιέχει άλατα, αλλά έχει υψηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα. Λόγω της υψηλής ρυθμιστικής και εναλλακτικής ικανότητας ιόντων, σπάνια χρησιμοποιείται μόνο του ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Χρησιμοποιείται μερικές φορές σε μείγματα.



**Εικόνα 1.4.** Βερμικουλίτης (Web 6)

#### 1.2.7.2 Καλλιέργειες σε οργανικά πορώδη υποστρώματα

##### Καλλιέργεια σε σάκους

Η τύρφη με τη γενική έννοια περιγράφεται ως οργανικό υλικό που αποτελείται από μερικώς αποδομημένα υπολείμματα φυτών.

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της τύρφης την κάνουν ένα πολύ κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Εκτιμάται ότι υπάρχουν 150 εκατομμύρια

εκτάρια τυρφοδών εκτάσεων στον κόσμο, με μεγαλύτερους προμηθευτές για τη Δυτική Ευρώπη, τη Φινλανδία και τις χώρες της πρώην Σοβ. Ένωσης.

Η τύρφη γενικά σχηματίζεται με βραδεία αποσύνθεση των φυτικών ιστών σε περιβάλλον με σχετική έλλειψη οξυγόνου. Τέτοιες συνθήκες επικρατούν σε αβαθή, πλημμυρισμένα από νερό μέρη και ιδιαίτερα στις λιμνώδεις εκτάσεις των βόρειων ψυχρών περιοχών.

Γενικά, τα στρώματα της τύρφης που απαντώνται υψηλότερα στο έδαφος περιέχουν τύρφη λιγότερο αποδομημένη ξανθού χρωματισμού. Τα στρώματα της τύρφης που κείνται βαθύτερα στο έδαφος περιέχουν τύρφη περισσότερο αποδομημένη με σκουρότερο χρωματισμό (μαύρη τύρφη).

Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους γεμάτους τύρφη που έχει εμπλουτισθεί με βραδείας απελευθέρωσης λιπάσματα. Απαιτείται όμως και πρόσθετη χρήση διαλυτών λιπασμάτων, καθώς και ιχνοστοιχείων κατά το πότισμα.

Η μέθοδος αυτή με τις τύρφες, ενώ βοήθησε τα πρώτα χρόνια να αποφευχθούν οι ασθένειες εδάφους και έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα στην παραγωγή, σήμερα εγκαταλείπεται, γιατί παρουσιάζει συχνά προβλήματα στην άρδευση (Ruustjarvi 1968), η διαχείριση του νερού είναι σχετικά δύσκολη και απαιτεί μεγάλη προσοχή ιδίως το καλοκαίρι. Όταν στεγνώσει η τύρφη δεν απορροφά ομοιόμορφα σ' όλη τη μάζα της το νερό που πέφτει από το σταλάκτη. Το νερό συνήθως κυλά από την περιφέρεια, χωρίς να διαβρέχει το κέντρο. Δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση του διαλύματος με τη μέθοδο αυτή.

#### Καλλιέργεια σε ίνες καρύδας

Είναι οργανικό υλικό, υποπροϊόν που προέρχεται από τους καρπούς της καρύδας. Η καρύδα αναπτύσσεται στις τροπικές περιοχές, μεγάλη παραγωγή υπάρχει στην Ινδία. Πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά ως υπόστρωμα καλλιέργειας το 1980. Πριν προωθηθεί στο εμπόριο, πλένεται, ζυμώνεται για μερικές εβδομάδες ή και μήνες και αφυδατώνεται κατά ένα μεγάλο μέρος. Το υπόστρωμα παρουσιάζει σταθερότητα και πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της ρίζας.

### **1.2.8 Ποσότητα νερού**

Η ποσότητα του νερού που χρειάζεται το κάθε φυτό εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο εναέριο μέρος του φυτού και από το συνολικό φύλλωμα. Ο ρυθμός κατανάλωσης νερού μειώνεται όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας, χαμηλού φωτισμού και χαμηλής θερμοκρασίας.

Η κατανάλωση του νερού είναι συνδεδεμένη στάδιο ανάπτυξης του φυτού (μέγεθος), ηλιακή ακτινοβολία, σχετική υγρασία και την κίνηση του ανέμου.

### **1.2.9 Ποιότητα νερού**

Η ποιότητα του νερού θα πρέπει να ελέγχεται κατά τη δημιουργία μιας νέας θερμοκηπιακής εγκατάστασης επειδή το νερό χαμηλής ποιότητας είναι δύσκολο να μετατραπεί σε νερό υψηλής ποιότητας. Το νερό που χρησιμοποιείται μπορεί να προέρχεται από τη βρύση, πηγάδι ή νερό βροχής. Πριν τη χρήση στο νερό θα πρέπει να γίνει ανάλυση για να ελεγχθεί αν περιέχει όλα τα απαραίτητα ανόργανα στοιχεία και ιόντα καθώς και το pH και η αλκαλικότητα. Χωρίς τις παραπάνω πληροφορίες θα είναι δύσκολο να παρασκευαστεί το απαραίτητο θρεπτικό διάλυμα. Η ποιότητα του νερού εξαρτάται από τη συγκέντρωση των διαλυτών στοιχείων και την παρουσία βιοτικών οργανισμών. Σε μια ολοκληρωμένη ανάλυση θα πρέπει να παρουσιάζονται τα ανιόντα και τα κατιόντα, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην αλατότητα, την αλκαλικότητα και την τοξικότητα των ιόντων η οποία οφείλεται στην υπερβολική συγκέντρωση νατρίου, θείου και χλωρίου.

### **1.2.10 Συστήματα άρδευσης**

Γενικά, τα συστήματα άρδευσης μεταφέρουν το νερό στα φυτά. Στην υδροπονία, τα συστήματα άρδευσης μεταφέρουν και το θρεπτικό διάλυμα στο υπόστρωμα, αν υπάρχει. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει υπόστρωμα μεταφέρουν το νερό στις ρίζες των φυτών.

Η συχνότητα και η δόση άρδευσης στα εμπορικά υδροπονικά συστήματα ρυθμίζονται αρχικά από τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό. Οι απαιτήσεις του φυτού σε νερό μπορούν να προσδιοριστούν άμεσα ή έμμεσα. Αν και οι άμεσες μετρήσεις της κατανάλωσης του νερού από το φυτό χρησιμοποιούνται βασικά για διαγνωστικούς σκοπούς, δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στον έλεγχο της άρδευσης, γιατί η μείωση της πρόσληψης του νερού μπορεί να προκληθεί από παράγοντες διαφορετικούς από αυτούς της ανεπάρκειας διαθεσιμότητας νερού στη ζώνη του ριζοστρώματος. Ο έμμεσος



υπολογισμός της χρήσης του νερού χρησιμοποιείται για έλεγχο σε ποικίλα αρδευτικά συστήματα, αλλά θα πρέπει να ελέγχεται συνέχεια και να βαθμονομείται ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική ή η ανεπαρκής άρδευση.

Υπάρχουν δύο συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος με τα οποία μπορεί να γίνει κατανοητή η διαχείριση της άρδευσης. Το ένα είναι ότι το ριζόστρωμα συμπεριφέρεται σαν δεξαμενή η οποία θα πρέπει να ξαναγεμίζεται σε κάθε πτώση ενός συγκεκριμένου επιπέδου και το άλλο ότι το ριζόστρωμα σχηματίζει έναν αγωγό μεταφοράς συστατικών στην επιφάνεια της ρίζας.

Σαν δεξαμενή η ζώνη του ριζοστρώματος αποθηκεύει ποικίλα συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη του φυτού και την επιβίωσή του. Όταν οποιοδήποτε από αυτά τα συστατικά εκλείπει θα πρέπει να ξαναπροστεθεί μέσω της άρδευσης. Είναι επίσης πιθανό κάποια συστατικά να υπάρχουν σε υπερβολικές ποσότητες και πάλι μέσω της άρδευσης αυτό θα πρέπει να διορθωθεί.

Το ριζικό σύστημα επίσης λειτουργεί ως αγωγός για τα παραπάνω υλικά. Τα στοιχεία που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της ρίζας είναι διαθέσιμα στο φυτό και οι ρίζες χρησιμοποιούν ενεργές διαδικασίες για τη μεταφορά τους μέσα στο φυτό. Αυτό μειώνει τα συστατικά που βρίσκονται στο άμεσο περιβάλλον των ριζών.

Με τα αρδευτικά συστήματα στην υδροπονία επιτυγχάνονται οι εξής διαδικασίες

1. παρέχεται η κατάλληλη ποσότητα νερού για την κάλυψη των αναγκών των φυτών
2. αναπληρώνονται τα διάφορα στοιχεία, τα οποία αποθηκεύονται στη ζώνη του ριζοστρώματος
3. παρέχονται με μαζική ροή τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά μέσω του αγωγού.

Δεδομένου ότι η μαζική ροή είναι ταχύτερη στη μετακίνηση των συστατικών από τη διάχυση, μπορεί να εφαρμοστεί συχνότερη άρδευση. Στα υδροπονικά συστήματα αυτού του είδους ο έλεγχος είναι εφικτός εφόσον ελέγχονται όλοι οι άλλοι παράγοντες του συστήματος.

Οι αποδόσεις που προκύπτουν από τα υδροπονικά συστήματα είναι γενικά υψηλότερες από τις καλλιέργειες στο έδαφος (Ho and Adams, 1995). Εν μέρει, αυτό οφείλεται στην εντατική διαχείριση της άρδευσης, η οποία δημιουργεί ένα άριστο ριζικό σύστημα για την ανάπτυξη του φυτού. Επιπλέον η ικανότητα χρήσης του νερού (WUE) είναι υψηλότερη στα υδροπονικά συστήματα, γιατί το θρεπτικό διάλυμα εφαρμόζεται σχεδόν απευθείας στα ρίζες και δίνει στο φυτό αποτελεσματική πρόσβαση στα συστατικά που απαιτούνται για βέλτιστη ανάπτυξη.

Η ανάπτυξη των φυτών στην υδροπονία σχετίζεται με την παροχή του νερού, των

θρεπτικών συστατικών και του οξυγόνου. Η παροχή του νερού και των θρεπτικών μπορεί να ρυθμιστεί μ' ένα αποτελεσματικό σύστημα άρδευσης και με έλεγχο της συχνότητας άρδευσης. Οι διαφορές στα επίπεδα  $O_2$ ,  $CO_2$  και στο αιθυλένιο στη ζώνη του ριζοστρώματος έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζονται από το μέσο του υποστρώματος και από τη συχνότητα άρδευσης. Ο επαρκής αερισμός της ριζόσφαιρας είναι σημαντικός για το φυτό γιατί οι ρίζες απαιτούν οξυγόνο για την αναπνοή, η οποία με τη σειρά της είναι απαραίτητη για την επαρκή θρέψη και πρόσληψη του νερού. Τα υποστρώματα με καλά αεριζόμενους πόρους επιτρέπουν την ανταλλαγή αερίων μέσα στο ριζόστρωμα. Επιπλέον ένα θρεπτικό διάλυμα πλούσιο σε διαλυτό οξυγόνο μπορεί να βελτιώσει την ανάπτυξη του φυτού και τη σταθερότητα του συστήματος (Savvas and Passam 2002).

Τα υδροπονικά συστήματα είναι είτε κλειστά είτε ανοιχτά. Στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει μετά από κάθε άρδευση, αποβάλλετε στο φυσικό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων με την απορροή και την μόλυνση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι δύο αυτοί λόγοι οδήγησαν στην εφαρμογή κλειστών υδροπονικών συστημάτων, στα οποία το απορρέον διάλυμα επαναχρησιμοποιείται. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ολικής κατανάλωσης νερού της τάξης του 10-15% και μείωση της κατανάλωσης λιπασμάτων. Σ' ένα ανοιχτό υδροπονικό σύστημα θα πρέπει το αρδευτικό σύστημα να είναι ικανό να δημιουργεί λίγα απορρεόμενα και να μειώνει τη συσσώρευση των αλάτων. Στα κλειστά συστήματα η συσσώρευση των αλάτων διαχειρίζεται με τη δυναμική μείωση των λιπασμάτων, που διαλύονται στο νερό ώστε να επαναφέρεται στην αρχική κατάσταση το διάλυμα απορροής. Με αυτό τον τρόπο το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται μέχρι οι συγκεντρώσεις ενός ή περισσότερων ιόντων να φτάσουν σ' ένα σημείο που δεν μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω. Σημαντικό μειονέκτημα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων είναι η ευκολία εξάπλωσης ασθενειών μέσω του ανακυκλούμενου στα φυτά της καλλιέργειας. Το υψηλό κόστος επένδυσης, σε εξοπλισμό απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος που επαναχρησιμοποιείται είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες εφαρμογής και διάδοσης των συστημάτων αυτών.

Ένα σύστημα άρδευσης περιλαμβάνει:

(1) μια πηγή νερού ή και μια δεξαμενή αποθήκευσης. Για τη μακροπρόθεσμη αποθήκευση νερού, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή όμβριων υδάτων, ενώ για το βραχυπρόθεσμο ανεφοδιασμό, χρησιμοποιούνται δεξαμενές που έχουν την ικανότητα να προσφέρουν ικανοποιητική ποσότητα νερού σε όλα τα φυτά για μια ημέρα.

(2) ένα σύστημα παροχής νερού.

(3) στα κλειστά συστήματα, απαιτείται ένα σύστημα διοχέτευσης και μια δεξαμενή για την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.

(4) το νερό θα πρέπει να φιλτραριστεί και να απολυμανθεί πριν από την επαναχρησιμοποίηση του. Οι συνηθέστεροι μέθοδοι απολύμανσης του νερού είναι το όζον και η χλωρίωση.



## **2 Θεωρητική Ανάλυση**



## 2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### **Επίδραση της δόσης άρδευσης στην απόδοση και στην παραγωγή**

Οι Τσιρόγγιαννης κ.α. (2010) βρήκαν ότι η φυλλική επιφάνεια σε φυτά ζέρμπερας των δυο μεταχειρίσεων δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά. Στη μια μεταχείριση εφαρμόζονταν 0,125mm νερού για την υψηλή συχνότητα άρδευσης ενώ στην άλλη εφαρμόζονταν 0,250mm νερού για την χαμηλή δόση άρδευσης. Ενώ κάποιες διακυμάνσεις παρουσιάστηκαν στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας που οφείλεται στη συνεχή αφαίρεση των παλαιών και κατεστραμμένων φύλλων και στην εμφάνιση νέων φύλλων. Μικρή διακύμανση παρατηρήθηκε στον αριθμό των συγκομισθέντων ανθέων. Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των ανθέων ήταν μεγαλύτερος τις περισσότερες φορές στα φυτά που εφαρμόζονταν άρδευση χαμηλής συχνότητας. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων. Το χλωρό βάρος του κάθε φυτού ακολουθούσε σχεδόν την ίδια τάση και για τις δυο μεταχειρίσεις κατά την περίοδο των μετρήσεων. Επίσης, βρέθηκε ότι το χλωρό βάρος για κάθε φυτό δε διέφερε στατιστικά σημαντικά στις δυο μεταχειρίσεις, όπως και το μήκος του μίσχου. Στα φυτά που εφαρμόζονταν άρδευση με χαμηλή συχνότητα τα άνθη είχαν ελαφρώς μεγαλύτερη διάμετρο, αλλά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων.

Οι Κατσούλας, κ.α. (2005) βρήκαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ του χλωρού και του ξηρού βάρους των συγκομισθέντων βλαστών τριανταφυλλιάς μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων. Στη μια μεταχείριση εφαρμόζονταν 0,2mm νερό για την υψηλή συχνότητα άρδευσης ενώ στην άλλη 0,4mm για την χαμηλή συχνότητα άρδευσης. Για την αναλογία του χλωρού και του ξηρού βάρους των συγκομισθέντων βλαστών βρέθηκε ότι ήταν σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων και για τις δυο μεταχειρίσεις. Ο αριθμός των συγκομισθέντων βλαστών των φυτών που εφαρμόζονταν υψηλή συχνότητα άρδευσης ήταν μεγαλύτερος από τα φυτά που εφαρμόζονταν χαμηλή συχνότητα άρδευσης. Εντούτοις η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο περιπτώσεων. Βρέθηκε ότι στα φυτά που εφαρμόζονταν υψηλή συχνότητα άρδευσης το μήκος του βλαστού ήταν ελαφρώς

μακρύτερο σε σχέση με τα φυτά με τη χαμηλή συχνότητα άρδευσης, χωρίς ωστόσο δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων.

Οι Ηλιάδης, Γεωργίου και Παπαδόπουλος (2005) βρήκαν ότι η παραγωγή της πιπεριάς δεν επηρεάζεται γιατί το φυτό αναπτύσσει το ριζικό του σύστημα στα σημεία που υπάρχει διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Επίσης, τόσο η παραγωγή όσο και η βλάστηση των φυτών πιπεριάς δεν επηρεάστηκαν από τον τρόπο εφαρμογής του νερού (εναλλασσόμενη ή μη άρδευση). Αντίθετα, το ύψος της παραγωγής και η βλάστηση των φυτών πιπεριάς επηρεάστηκαν από την ποσότητα νερού που δοκιμάστηκε. Περιορισμός της άρδευσης στο 60% των απαιτήσεων μείωσε το ύψος της εμπορεύσιμης παραγωγής κατά 30,3%, ενώ μειωμένη κατά 20% άρδευση μείωσε μόνο κατά 8,4% την παραγωγή. Η μείωση αυτή οφειλόταν κυρίως στο μικρότερο αριθμό καρπών που συγκομίστηκε και δευτερευόντως στο μικρότερό τους μέγεθος. Σημαντική ήταν επίσης η επίδραση της δόσης του νερού στο ύψος της μη εμπορεύσιμης ποικιλίας. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τη μειωμένη βλάστηση, που αφήνει τους καρπούς εκτεθειμένους στην ηλιακή ακτινοβολία προκαλώντας εγκαύματα.

Οι Favati et al (2009) βρήκαν ότι το συνολικό ξηρό και χλωρό βάρος σε φυτά τομάτας ήταν σημαντικά χαμηλότερο στα φυτά που εφαρμοζόταν μειωμένη άρδευση σε σχέση με αυτά που αρδεύονταν κανονικά.

### **Επίδραση της άρδευσης στην ποιότητα και την απόδοση καλλιέργειας σε διάφορα υποστρώματα**

Οι Sezen et al. (2006) βρήκαν ότι οι διάφοροι συνδυασμοί σε φυτά τομάτας έδωσαν διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε μεταχείριση. Για παράδειγμα, το υπόστρωμα ηφαιστειακής σκόνης σε συνδυασμό με εφαρμογή άρδευσης μια φορά την ημέρα στο επίπεδο WL1(75%) έδωσε το καλύτερο αποτέλεσμα.

Το μίγμα τύρφης- σκόνης έδωσε καλύτερης ποιότητας και μεγαλύτερης ποσότητας καρπούς τομάτας από τα υποστρώματα ηφαιστειακής σκόνης και τύρφης.

Επιπλέον το μεγαλύτερο βάρος καρπού παρατηρήθηκε στο μίγμα σκόνης- τύρφης. Η στατιστική ανάλυση για την επίδραση των διαφόρων υποστρωμάτων στο βάρος του καρπού τομάτας έδειξε ότι διαφέρει στατιστικά σημαντικά.

Τα χημικά χαρακτηριστικά (όπως το pH , το ανθρακικό ασβέστιο, τα άλατα, ο φώσφορος και το κάλιο) των υποστρωμάτων δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η τύρφη περιέχει περισσότερα οργανικά υλικά από την ηφαιστειακή σκόνη.

Η αυξημένη άρδευση δίνει υψηλές αποδόσεις και καρπούς με μεγάλη διάμετρο αλλά παρατηρείται μείωση των στερεών διαλυτών συστατικών. Καρποί με μικρή διάμετρο παρατηρήθηκαν στα επίπεδα άρδευσης WL1 (75%) και WL2 (100%) σε όλα τα υποστρώματα.

### **Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων στην ποιότητα και την παραγωγή**

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ξεόλιθος έχει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τον περλίτη σε καλλιέργεια μαρουλιού. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη του μαρουλιού είναι πιο γρήγορη σε υπόστρωμα ξεόλιθου απ' ότι σε περλίτη. Αυτό οφείλεται, στην αυξημένη πρόσληψη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων, αφού ο ξεόλιθος έχει υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Σύμφωνα με την Loboda (2009), ο ξεόλιθος προκαλεί αυξημένη παραγωγή σε φυτά πιπεριάς. Επιπλέον, ο Harland et al. (1999) ανέφεραν ότι η πιπεριά αναπτύσσεται καλύτερα σε ξεόλιθο απ' ότι σε υπόστρωμα πετροβάμβακα. Αντιθέτως, οι Μαλούπα και Γερασόπουλος (1999) συγκρίνοντας το περλίτη με το ξεόλιθο για φυτά ζέρμπερας ανέφεραν ότι η χρήση του περλίτη οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή από το ξεόλιθο.

Οι Γκίζας κ.α.(2002) βρήκαν για την καλλιέργεια τριανταφυλλιάς παρατηρήθηκε ότι ο όγκος της ελαφρόπετρας ανά φυτό επηρέασε τον αριθμό των ανθέων ανά φυτό, ενώ η κοκκομετρία δεν το επηρέασε σημαντικά.

Στην καλλιέργεια λίλιου το κοκκόχωμα έδωσε άνθη σε μεγαλύτερο μήκος και βάρος σε σύγκριση με την ελαφρόπετρα και τον πετροβάμβακα.

Η κοκκομετρία και ο όγκος της ελαφρόπετρας ανά φυτό δεν επηρέασαν το μέσο μήκος ή βάρος των ανθέων του λίλιου. Τα άνθη που ελήφθησαν από καλλιέργεια σε

πετροβάμβακα είχαν το μικρότερο μέσο μήκος και βάρος αλλά οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές που έδωσαν οι μεταχειρίσεις της ελαφρόπετρας.

Οι Δασκαλάκη και Οικονομάκης (2003) βρήκαν ότι η παραγωγή στα διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον αριθμό των καρπών και τη συνολική παραγωγή ανά φυτό, παρά το γεγονός ότι σε απόλυτους αριθμούς η ελαφρόπετρα και ο λεπτόκοκκος περλίτης σε μίγμα με ζεόλιθο έδωσαν μεγαλύτερη παραγωγή και μεγαλύτερο αριθμό καρπών ανά φυτό.

Οι Σιώμος, Παπαδόπουλου και Ντόγρας (2001) βρήκαν ότι η απόδοση και η ποιότητα του μαρουλιού στο κλειστό υδροπονικό σύστημα επηρεάζεται κυρίως από την ποικιλία και λιγότερο από το υπόστρωμα καλλιέργειας. Έτσι, η καλλιέργεια μαρουλιού στο σύστημα αυτό μπορεί να γίνει με επιτυχία όταν το υπόστρωμα είναι ελαφρόπετρα, καθώς οι αποδόσεις που πετυχαίνονται είναι παρόμοιες ή μεγαλύτερες από αυτές που πετυχαίνονται με υπόστρωμα περλίτη, ενώ και η ποιότητα του μαρουλιού είναι παρόμοια με αυτή στον περλίτη.

## **2.2 Κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο**

Οι κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο αποτελούν κλάδο σχετικά νέο, αλλά δυναμικό και ταχύτατα εξελισσόμενο. Από τις καλλιέργειες αυτές, η τομάτα καταλαμβάνει την πρώτη θέση και παρουσιάζει περισσότερο ενδιαφέρον, με άριστες προοπτικές ανάπτυξης.

Όσοι ασχολούνται με τα κηπευτικά σε θερμοκήπιο γνωρίζουν καλά, πως η καλλιέργειά τους δεν είναι εύκολη και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα. Περισσότερα και μμεγαλύτερα προβλήματα παρουσιάζει η τομάτα. Στην εμφάνιση και στην εξέλιξη αυτών των προβλημάτων επιδρούν αποφασιστικά: η εποχή της καλλιέργειας, η πληθώρα των ποικιλιών ή υβριδίων, η στενότητα εργατικών χειρών και μάλιστα ειδικευμένων, η έλλειψη σωστής υποδομής, η ανεπαρκής ενημέρωση των ασχολούμενων με το αντικείμενο κ.α.

Επί πλέον, για την καλλιέργεια αυτή, όπως άλλωστε και για τις άλλες κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο, χρειάζονται ειδικές γνώσεις, πείρα, συνεχής ενημέρωση, μεγάλη υπευθυνότητα, παρατηρητικότητα, ετοιμότητα και προπαντός, σωστός προγραμματισμός και διαχείριση.

Τα κηπευτικά σε θερμοκήπιο απαιτούν πολύ μεγάλες δαπάνες, συνεχή απασχόληση και πολύ εργασία. Για να αντιμετωπιστούν όλα αυτά χρειάζεται να υπάρχει συμφέρον οικονομικό αποτέλεσμα. Αυτό προϋποθέτει υψηλές στρεμματικές αποδόσεις, άριστη ποιότητα προϊόντων και συμφέρουσες τιμές. Πάρα πολύ συχνά αυτά δεν συνυπάρχουν, με αποτέλεσμα να μην αμοίβονται ικανοποιητικά οι συντελεστές παραγωγής. Αυτό για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, που θεωρούνται επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου - όπως άλλωστε για κάθε παρόμοια επιχείρηση - αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα κάθε σοβαρής βελτίωσης για σειρά ετών. Η πείρα αρκετών ετών έχει δείξει, ότι πολλές και μεγάλες ζημιές, σήμερα, στην παραγωγή και στην ποιότητά της δεν οφείλονται τόσο σε προσβολές από μύκητες, έντομα κλπ, γιατί προσδιορίζονται εύκολα και αντιμετωπίζονται, σχεδόν πάντα, με επιτυχία. Οφείλονται περισσότερο σε άλλους παράγοντες και κυρίως, στην εσφαλμένη καλλιεργητική τεχνική, που εφαρμόζεται από τον παραγωγό, στον κακό προγραμματισμό των εργασιών και στην κακή διαχείριση του θερμοκηπίου. (Κομνακάκος, 2003).

### **2.3 Γενικά για την τομάτα**

Η τομάτα είναι ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Σε διεθνή κλίμακα, η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και γλυκοπατάτα, ενώ στην Ελλάδα καταλαμβάνει την δεύτερη σε έκταση θέση μετά την πατάτα. Η δημοτικότητα της τομάτας ποικίλει σε βαθμό στις διάφορες χώρες, αλλά είναι πολύ λίγες οι περιοχές της γης που η τομάτα δεν καλλιεργείται. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέριος ή σε πολτό. Ακόμη και οι άωροι καρποί (τοξικοί εάν καταναλωθούν νωποί) συντηρούνται σε άλμη ή ξύδι (τουρσί). Είναι γνωστοί οι φόβοι που επικρατούσαν μέχρι τον 20ο αιώνα στις περιοχές της Μεσογείου, Β. Ευρώπης και στην Β. Αμερική, ότι οι τομάτες περιέχουν ουσίες τοξικές, γεγονός που εμπόδιζε την κατανάλωση. Οι φόβοι αυτοί οφείλονται στην παρουσία δηλητηριωδών γλυκοαλκαλοϊδών στα φύλλα και τους καρπούς άλλων μελών της ίδιας οικογένειας. Αυτό ξεπεράστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, και από τότε η κατανάλωση της τομάτας αυξήθηκε σημαντικά.

Οι λόγοι που καθιστούν την τομάτα δημοφιλές λαχανικό είναι πολλοί. Οι σπουδαιότεροι είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, και ιδίως την βιταμίνη C, έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, γεγονός που την καθιστά αρεστή στη διατροφή. Ποικιλίες της, έχουν εγκλιματιστεί σε ένα μεγάλο εύρος τύπων εδάφους και κλίματος, αν και θα πρέπει να τονιστεί ότι το φυτό απαιτεί θερμό κλίμα και εδάφη με καλή στράγγιση. Η μορφή καλλιέργειας της τομάτας ποικίλει από την εκτατική (μεγάλες εκτάσεις σε γραμμική καλλιέργεια πλήρως μηχανοποιημένη, με συγκομιδή με μηχανικά μέσα), έως την εντατική (καλλιέργεια σε θερμοκήπια, υποστύλωση, κλάδεμα, επαναλαμβανόμενη συγκομιδή με το χέρι κ.λπ.). (Ολύμπιος, 1991)

#### **2.3.1 Καταγωγή**

Η τομάτα είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersicon*, το οποίο ξεχωρίζει από το πολύ συγγενικό είδος *Solanum* (πιθανός πρόγονος), από τα χαρακτηριστικά διάρρηξης των ανθών και απελευθέρωση της γύρης. Τα πλείστα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι θάμνοι ετήσιοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο 5 ή και λιγότερους μήνες.



Πατρίδα της τομάτας είναι η Ν. Αμερική. Η άγρια μορφή της τομάτας *L. esculentum* έχει βρεθεί επίσης και στο Μεξικό, στην Κεντρική Αμερική και άλλες περιοχές της Ν. Αμερικής. Αν και αρχικά επικρατούσε η άποψη ότι χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Περού (Ολύμπιος, 1991)). Είναι φυτό θερμών περιοχών και γι' αυτό έχει μεγάλες κλιματικές απαιτήσεις για να αναπτυχθεί και να παράγει ικανοποιητικά. Στην Ευρώπη ήρθε τον 150 μ.χ. αιώνα.

Αρχικά καλλιεργήθηκε σαν καλλωπιστικό φυτό και όχι σαν λαχανικό, γιατί πίστευαν ότι οι καρποί της ήταν δηλητηριώδεις. Μετά το ξεπέραςμα αυτής της αντίληψης άρχισε η καλλιέργειά της, αρχικά για νωπή κατανάλωση, αργότερα και για βιομηχανική χρήση.

Στην Ελλάδα ήρθε λίγο μετά το 1800 μ.χ., αλλά εντατικά και σε μεγάλη έκταση καλλιεργήθηκε αμέσως μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Σήμερα κατέχει πρωτεύουσα θέση μεταξύ των νωπών λαχανικών.

Στη χώρα μας καλλιεργείται χωρίς προβλήματα στην ύπαιθρο όλο το χρόνο, εκτός από το χειμώνα. Μπορεί όμως να καλλιεργηθεί και αυτή την εποχή με άριστα αποτελέσματα, εφόσον προσφερθούν οι κατάλληλες συνθήκες με τεχνικά μέσα. Τέτοια μέσα είναι το θερμοκήπιο και το σύστημα κλιματισμού. (Κομνηνάκος, 2006)

Το *Lycopersicon esculentum* και οι στενοί συγγενείς, είναι γενικά αυτογονιμοποιούμενα είδη. Όπως αναφέρει ο Rick (1950), σταυρογονιμοποιούνται στις περιοχές που αυτοφύονται και σε μερικές άλλες υποτροπικές περιοχές, αλλά σε άλλα μέρη αυτογονιμοποιούνται πλήρως. Αντίθετα, τα άλλα είδη του γένους *Lycopersicon* είναι αυτόστειρα, και επομένως σταυρογονιμοποιούνται πλήρως με διάφορα είδη μελισσών.

Η τομάτα (*L. esculentum*) μπορεί να διασταυρωθεί με μικρή ή μεγάλη δυσκολία, με όλα τα άλλα είδη του γένους, και να παράγει υβρίδια. Η διαδικασία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση τα τελευταία 50 χρόνια, με αποτέλεσμα αρκετά επιθυμητά χαρακτηριστικά (γόννοι), να έχουν μεταφερθεί και ενσωματωθεί στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια.

Η εφαρμογή μοντέρνων μεθόδων γενετικής βελτίωσης, είχε σαν αποτέλεσμα την διασταύρωση και επιλογή εκατοντάδων ποικιλιών και υβριδίων, κατάλληλων για ποικίλες συνθήκες (τροπικές, υποτροπικές, ψυχρές), και σκοπούς (νωπή κατανάλωση,

μεταποίηση, για καλλιέργεια στην ύπαιθρο, στα θερμοκήπια κ.λ.π. Οι πιο σημαντικές επιτυχίες που επιτεύχθηκαν με την γενετική βελτίωση στην τομάτα, είναι:

- αύξηση της παραγωγής με αύξηση του μεγέθους του καρπού και του αριθμού των καρπών,
- βελτίωση της ποιότητας, σχήμα, χρώμα, άρωμα, υφή, ομοιομορφία σε όλα τα χαρακτηριστικά,
- οι συνήθειες του φυτού για διευκόλυνση καλλιεργητικών περιποιήσεων και συγκομιδής.
- βελτίωση της αντοχής του καρπού στις μεταχειρίσεις και αποθήκευση,
- πρωιμότητα στην παραγωγή,
- δυνατότητα καρπόδεσης σε αντίξοες συνθήκες,
- αντοχή. στους εχθρούς και ασθένειες. (Ολύμπιος, 1991)

### **2.3.2 Θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας**

Μέσα στο θερμοκήπιο, που είναι χώρος απομονωμένος από το εξωτερικό περιβάλλον, τα φυτά αναπτύσσονται και παράγουν σε ένα ειδικό και κατ' εξοχήν τεχνητό περιβάλλον, με συνθήκες τελείως διαφορετικές από εκείνες της υπαίθρου. Γι' αυτό στις καλλιέργειες σε θερμοκήπιο χρειάζονται ειδικές προϋποθέσεις και τακτική.

Οι παράγοντες μέσα στο θερμοκήπιο που ρυθμίζουν και καθορίζουν την ανάπτυξη του φυτού, την παραγωγή και την ποιότητα των προϊόντων, είναι πολλοί. Επιδρούν στο φυτό ο κάθε ένας χωριστά, αλλά και συνδυασμένα μεταξύ τους, ενώ οι απαιτήσεις του φυτού αλλάζουν συνεχώς, ανάλογα με την ηλικία του και τις συνθήκες που επικρατούν. Το αποτέλεσμα της καλλιέργειας εξαρτάται από την επίδραση όλων των παραγόντων και προπαντός από εκείνον, που μειονεκτεί, έστω και αν όλοι οι άλλοι βρίσκονται σε άριστα επίπεδα. Για το λόγο αυτό οι διάφοροι παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη και στην παραγωγή του φυτού, πρέπει να βρίσκονται σε επίπεδα, αν όχι άριστα, τουλάχιστον ανεκτά για το φυτό.

Στο χώρο του θερμοκηπίου οι συνθήκες που επικρατούν δημιουργούνται, αποκλειστικά σχεδόν, από το ίδιο το θερμοκήπιο, που θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην αποστολή του, γιατί επηρεάζει και διαφοροποιεί τους διάφορους παράγοντες και από την παρέμβαση του καλλιεργητή, σε αντίθεση με την ύπαιθρο που η παρέμβαση αυτή είναι ελάχιστη. Για το λόγο αυτό η επιτυχία των καλλιεργειών σε θερμοκήπιο εξαρτάται, κατά κύριο λόγο, από την ικανότητα του καλλιεργητή να διατηρεί, με τα

μέσα που διαθέτει, τους διάφορους παράγοντες στο επίπεδο που απαιτούν τα φυτά, και να προσαρμόζει τους χειρισμούς του στο επίπεδο των παραγόντων που επικρατούν.

Μεγάλη παραγωγή, καλή ποιότητα προϊόντος και συμφέρον οικονομικό αποτέλεσμα στις κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο, προϋποθέτουν σωστό προγραμματισμό και διαχείριση, σχολαστικότητα στους χειρισμούς, ειδικές γνώσεις, πείρα, συνεχή ενημέρωση κ.α.

Δεν είναι δυνατόν να πετύχουν οι καλλιέργειες αυτές, που συνεχώς χρειάζονται την παρουσία και την παρέμβαση του καλλιεργητή, όταν αυτός δεν γνωρίζει, τα στοιχειώδη σε κάθε φάση της παραγωγικής διαδικασίας.

Τέλος, το θερμοκήπιο είναι σημαντική και πολύεξοδη επιχείρηση. Ένα θερμοκήπιο θα πρέπει, να έχει σχεδιαστεί και μελετηθεί καλά από την αρχή. Είναι βέβαιο ότι ένα κακομελετημένο θερμοκήπιο προκαλεί μείωση της παραγωγής και της ποιότητας της καλλιέργειας. Τυχόν βελτιώσεις στο θερμοκήπιο, μετά την εγκατάστασή του, θα είναι δύσκολες, δαπανηρές, επικίνδυνες ή αδύνατες. Γενικά το θερμοκήπιο θα πρέπει αξιοποιεί καλύτερα όλους εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια. Να δέχεται χειρισμούς και μέσα για την αντιμετώπιση δυσμενών παραγόντων, να επιτρέπει άνετη και σωστή εργασία σε ανθρώπους και μηχανήματα και να είναι οικονομικό. (Κομνανάκος, 2006))

### 2.3.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η τομάτα ανήκει στην οικογένεια των σολανωδών (Solanaceae). Στην οικογένεια αυτή ανήκουν περισσότερα από 1600 είδη. Πολλά από αυτά έχουν μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο, γιατί τα χρησιμοποιεί στη διατροφή του, στη φαρμακοβιομηχανία κλπ. Μεταξύ των γνωστών φυτών της οικογένειας αυτής, εκτός από την τομάτα, είναι η μελιτζάνα, η πιπεριά, η πατάτα, ο καπνός, η μελαντόνα. Είναι φυτό ποώδες, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές. Στις περιοχές μας όμως καλλιεργείται για ένα χρόνο. Η γονιμοποίηση (δέσιμο) γίνεται 2 περίπου ημέρες μετά την επικονίαση ή 3-4 ημέρες μετά το άνοιγμα του άνθους.

**Ρίζα:** Η ρίζα του είναι πασσαλώδης και αναπτύσσεται σε βάθος, όταν στο φυτό δεν μεσολαβήσει μεταφύτευση. Γίνεται επιφανειακή και πλάγια όταν μεσολαβήσει

μεταφύτευση. Σ' αυτό οφείλεται, κυρίως, η διαφορετική συμπεριφορά του φυτού, που προέρχεται από σπόρο και εκείνου, που προέρχεται από μεταφύτευση.

**Φύλλο:** Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα έχουν πολλά τριχίδια, που όταν σπάσουν αφήνουν τη χαρακτηριστική μυρωδιά της τομάτας. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παραφυλλαρίων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο ποικίλει με την ποικιλία, και από την θέση του φύλλου επί του βλαστού. Είναι δυνατόν να συναντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή 5 ζεύγη φυλλαρίων. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στον βλαστό (Εικόνα 2.1.). Η επάνω επιφάνεια των φύλλων έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω, ελαιώδες ανοικτό πράσινο.



**Εικόνα 2.1. Μορφή φύλλου**

**Άνθη -Ταξιανθία :** Τα άνθη της τομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες από 2 - 3/ταξιανθία μέχρι και 20 και περισσότερα. Ένας μέσος επιθυμητός αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία, που να εξελιχθούν σε καρπούς είναι 6-8 άνθη. Το άνθος φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη κίτρινη με 5 ή περισσότερα ενωμένα σέπαλα και 5 ή περισσότερους στήμονες, ενωμένους στη βάση τους με την στεφάνη και ενωμένους κατά μήκος μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από τον στύλο, που είναι συνήθως πιο κοντός, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωοθήκη είναι πολύχωρος (2-7 ή και περισσότερους χώρους). Το άνοιγμά των ανθέων δεν είναι ταυτόχρονο. Είναι ερμαφρόδιτα και αυτογονιμοποιούνται. Σε σπάνιες περιπτώσεις γίνεται σταυροεπικονίαση και διασταύρωση ποικιλιών. Τα θηλυκά μέρη του άνθους είναι επιδεκτικά γονιμοποίησης με το άνοιγμα του άνθους, ενώ τα αρσενικά μέρη κατά 24-48 ώρες αργότερα.

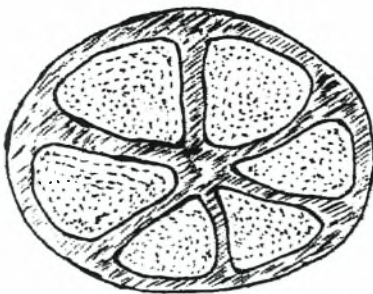
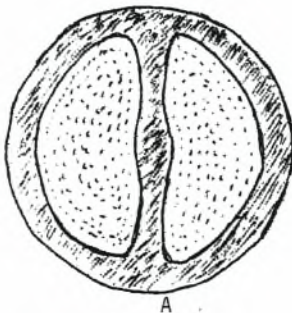


*Εικόνα 2.2. Άνθος*

**Καρπός:** Ο καρπός είναι ράγα. Ωριμάζει σε κανονικές κλιματικές συνθήκες 45, περίπου, ημέρες, μετά τη γονιμοποίηση και σε διπλάσιο ή και περισσότερο χρόνο σε άσχημες κλιματικές συνθήκες.

Το κόκκινο χρώμα οφείλεται στη λυκοπίνη, που παράγεται σε κανονικές θερμοκρασίες και φώς. Σε υψηλές θερμοκρασίες και πολύ φώς παράγεται κίτρινο χρώμα (καροτίνη).

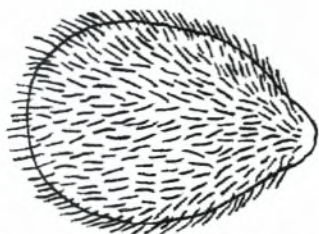
Ο καρπός της τομάτας θεωρείται άριστη τροφή. Είναι πλούσιος σε βιταμίνες Α, 81, 82, C, D, κυρίως όμως, Α και C και άλατα, προπαντός, σιδήρου, ασβεστίου, φωσφόρου, καλίου, ιωδίου, νατρίου, μαγνησίου. Διευκολύνει την πέψη και την αφομοίωση των τροφών και δεν περιέχει ουρικό οξύ.



*Εικόνα 2.3. Καρπός*

**Σπόρος:** Είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις, που του δίνουν μεταξώδη

επιφάνεια. Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χλστ. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό (σπειροειδές) έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο.



*Σχήμα 2.4. Σπόρος (Web 6)*

### **3 Πειραματικός Εξοπλισμός**





### 3.1 Τοποθεσία του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά το έτος 2009 στο Βελεστίνο του νομού Μαγνησίας όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από το Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος. Το αγρόκτημα απέχει 17km από τον Βόλο, το υψόμετρο είναι 85m και βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ} 44'$  και γεωγραφικό μήκος  $22^{\circ} 79'$ . Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό- Ηπειρωτικό, με ξηροθερμικές συνθήκες το καλοκαίρι και ήπιους χειμώνες. Όσον αφορά την μέση θερμοκρασία, αυτή κυμαίνεται από περίπου  $4^{\circ}\text{C}$  κατά τον ψυχρότερο μήνα και  $37^{\circ}\text{C}$  κατά τον θερμότερο μήνα. Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος παρουσιάζονται στην *Εικόνα 3.1*.



*Εικόνα 3.1. Θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα*

### **3.2 Περιγραφή θερμοκηπίων**

Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση του πειράματος ήταν δυο παρόμοια τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια έκτασης 160m<sup>2</sup> το καθένα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμοκηπίων ήταν: μήκος 20 m, πλάτος 8 m, ύψος ορθοστάτη 2.4 m, ύψος κορφιά 4.1 m. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό. Μέχρι τις 30/01/09 είχε ολοκληρωθεί η κάλυψη των θερμοκηπίων. Το υλικό των σκελετών ήταν γαλβανισμένος χάλυβας ενώ ως υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πολυαιθυλενίου.

#### **3.2.1 Υποστρώματα**

Και στα δύο θερμοκήπια τα φυτά ήταν τοποθετημένα σε υποστρώματα περλίτη, πετροβάμβακα τύπου GRODAN Master και Expert και ελαφρόπετρα. Όλα τα υποστρώματα εκτός της ελαφρόπετρας ήταν τοποθετημένα σε σάκους μήκους 1m. Συνολικά τοποθετήθηκαν 102 σάκοι, οι οποίοι τοποθετήθηκαν πάνω σε πάγκους, που απείχαν 0.5 από το έδαφος. Για την υποβοήθηση της στράγγισης, οι πάγκοι είχαν κλίση 1-2% κλίση. Ενώ για την ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκαν 37 γλάστρες. Η κάθε γλάστρα είχε διάμετρο 20cm, και ήταν τοποθετημένες πάνω σε πάγκους. Σε κάθε γλάστρα είχε τοποθετηθεί ένα φυτό τομάτας.

#### **Ελαφρόπετρα**

Στην ελαφρόπετρα που χρησιμοποιήθηκε, οι κόκκοι είχαν διάμετρο 5-10mm. Χαρακτηρίζεται από πορώδη δομή, σχεδόν ουδέτερο pH και χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

#### **Πετροβάμβακας**

Ο πετροβάμβακας που χρησιμοποιήθηκε είχε μορφή πλάκας. Η κάθε πλάκα αποτελείται από υδρόφιλες ίνες που απορροφούν νερό. Έχει βάρος 52-75 kg/ m<sup>3</sup> και οι πόροι καταλαμβάνουν το 87-96% του όγκου. Το pH είναι περίπου 7, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι πολύ μικρή.

Οι δύο τύποι πετροβάμβακα διέφεραν ως προς την κατανομή του νερού στα διάφορα στρώματα της πλάκας (ανώτερο, μεσαίο, κατώτερο), στο εύρος ελέγχου του

περιεχόμενου νερού και στο εύρος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Στον πετροβάμβακα τύπου Master ο έλεγχος του περιεχόμενου νερού κυμαίνεται μεταξύ 45-85% ενώ στον πετροβάμβακα Expert το αντίστοιχο εύρος κυμαίνεται από 50-80%.

### Περλίτης

Ο περλίτης έχει διάμετρο κόκκων 1,5-3mm. Το pH του περλίτη κυμαίνεται από 7,0-7,5, ενώ η ρυθμιστική και η εναλλακτική ικανότητα των ιόντων δεν είναι σημαντική. Το βάρος του είναι 94-128 kg/m<sup>3</sup> και έχει υψηλό πορώδες 65-82%.

### 3.2.2 Θέρμανση

Για τη θέρμανση των θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκε ένας καυστήρας πετρελαίου με ισχύ 50 kW. Ο λεβητοκαυστήρας ήταν τοποθετημένος μέσα στο θερμοκήπιο και χρησίμευε στην παραγωγή ζεστού νερού. Η θέρμανση γινόταν με αερόθερμα που είχαν τοποθετηθεί σε απόσταση 2.5m από το έδαφος και με εύκαμπτους σωλήνες διανομής διαμέτρου 25 mm που είχαν τοποθετηθεί επάνω στο έδαφος, κοντά στα φυτά. Το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες είναι χαμηλής θερμοκρασίας, μέχρι 45 °C και η μετάδοση της θερμότητας του γίνεται με αγωγιμότητα προς το έδαφος και τις ρίζες των φυτών, με ακτινοβολία προς το υπέργειο μέρος των φυτών και με συναγωγή προς το περιβάλλον. Στο σύστημα των αγωγών μεταφοράς του νερού από το λέβητα στο αερόθερμο και από το αερόθερμο προς την επιδαπέδια θέρμανση τοποθετήθηκαν 2 ροόμετρα, προκειμένου να υπολογιστεί η ενέργεια που δίνει το σύστημα θέρμανσης από τον τύπο  $Q = m C_p DT / (600 \cdot 160)$  ανά 10λεπτο και ανά m<sup>2</sup>. Από την αρχή του πειράματος (2/2) μέχρι 27/2 ο έλεγχος γινόταν από το εσωτερικό των θερμοκηπίων χωρίς κεντρικό έλεγχο. Από 27/2 ο έλεγχος γίνεται μέσω των Data loggers με βάση τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό κάθε θερμοκηπίου :

- ♦ Έλεγχος αερόθερμου: έναρξη 14°C διακοπή στους 15°C
- ♦ Έλεγχος επιδαπέδιας: έναρξη στους 14.8°C και διακοπή στους 15.5°C

Από 13/4 έλεγχος:

- ♦ Έλεγχος αερόθερμου: έναρξη 7,5°C διακοπή στους 8°C
- ♦ Έλεγχος επιδαπέδιας: έναρξη στους 7°C και διακοπή στους 8°C

Από τις 28/4 έως το τέλος του πειράματος οι καυστήρες ήταν κλειστοί προκειμένου να μελετηθεί η διακύμανση της θερμοκρασίας σε κάθε θερμοκήπιο.

Στο κέντρο και των δυο θερμοκηπίων υπήρχε ένας θερμοστάτης, ο οποίος ήταν τοποθετημένος 2m πάνω από το έδαφος (στο ύψος του φυλλώματος περίπου). Η επιθυμητή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν 21°C, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας 15°C. Όταν η θερμοκρασία του θερμοκηπίου έπεφτε κάτω από τις επιθυμητές τιμές, τότε ο θερμοστάτης έκλεινε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και ενεργοποιούσε την κυκλοφορία του ζεστού νερού. Αντιθέτως, όταν η θερμοκρασία του αέρα υπέρβαινε τις επιθυμητές τιμές, τότε ο θερμοστάτης άνοιγε το ηλεκτρικό κύκλωμα με αποτέλεσμα να μη γίνεται παραγωγή και μεταφορά θερμότητας.

### **3.2.3 Αερισμός**

Ο αερισμός του θερμοκηπίου πραγματοποιούνταν από πλαϊνά ανοίγματα, που βρίσκονταν κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών, με διαστάσεις 0,9m \* 15m έκαστο, καθώς και από ένα άνοιγμα στην οροφή, διαστάσεων 0,8m \* 20m. Τα παράθυρα αερισμού, άνοιγαν με βάση την θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Ο αερισμός γινόταν και για λόγους αφύγρανσης του θερμοκηπίου, ανεξαρτήτως της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Στην περίπτωση αυτή είτε ορίζονταν συγκεκριμένες ώρες ανοίγματος των παραθύρων, ανεξαρτήτως των κλιματικών συνθηκών που επικρατούσαν εντός του θερμοκηπίου, είτε εξετάζονταν οι τιμές της σχετικής υγρασίας, του ελλείμματος κορεσμού, και λοιπών παραμέτρων. Ο αερισμός από 2/2 έως 20/3/2009 γινόταν από 09:00 το πρωί μέχρι 16:00 το απόγευμα με 30% άνοιγμα οροφής.

## **3.3 Περιγραφή της καλλιέργειας**

### **3.3.1 Εγκατάσταση της καλλιέργειας**

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας *Lycopersicon esculentum*, var. Lorelay. Το υβρίδιο αυτό είναι τύπου cluster, αυτογονιμοποιούμενο, απεριόριστης ανάπτυξης, με καρπό μεγάλης διάρκειας. Τα φυτά τα προμήθευσε η AGRIPANT και ήταν φυτρωμένα σε κύβους πετροβάμβακα GRODAN. Η τελική μεταφύτευση στα θερμοκήπια έγινε 02/02/09 και η καλλιέργεια είχε διάρκεια έως τις 4/06/09.

### 3.3.2 Διάταξη φυτών

Σε κάθε θερμοκήπιο υπήρχαν 4 διπλές γραμμές φύτευσης, οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,5 m. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν στα θερμοκήπια σε αποστάσεις 0,75 m και 0,33 m επί των απλών γραμμών φύτευσης της κάθε διπλής γραμμής.. Έτσι ο πληθυσμός των φυτών ήταν 2,1 φυτά/ m<sup>2</sup>. Από κάθε θερμοκήπιο επιλέχθηκαν εντελώς τυχαία 20 φυτά, φυτεμένα σε υποστρώματα πετροβάμβακα τύπου GRODAN MASTER και EXPERT, περλίτη και ελαφρόπετρα(5 από κάθε υπόστρωμα). Η επίδραση του περιθωρίου εξαλείφθηκε με την επιλογή φυτών από τις 2 εσωτερικές διπλές σειρές και κάθε πειραματικό φυτό έφερε ατομικό καρτελάκι με αύξοντα αριθμό.

### 3.3.3 Καλλιεργητικές φροντίδες

Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες καλλιεργητικές επεμβάσεις:

- ◆ Διατήρηση ενός βλαστού ανά φυτό και 5 καρποί ανά ταξικαρπία
- ◆ Χρήση πλαστικών σπάγκων για την υποστήριξη των φυτών, οι οποίοι ήταν δεμένοι σε οριζόντια σύρματα που υπήρχαν στο θερμοκήπιο
- ◆ Τακτική αφαίρεση των πλάγιων βλαστών, χειρωνακτικά
- ◆ Αφαίρεση των υποκείμενων φύλλων (αποφύλλωση) μετά τη συγκομιδή των καρπών της υπερκείμενης ταξικαρπίας . Αυτό συνέβαλλε στη μείωση υγρασία και τον καλύτερο αερισμό των κατώτερων τμημάτων των φυτών και συνεπώς στην αποφυγή ανάπτυξης ασθενειών, στην αύξηση της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας και στην ταχύτερη ωρίμανση των καρπών.
- ◆ Τοποθέτηση εντός του θερμοκηπίου μιας κυψέλης με έντομα του γένους *Bombus terrestris*, για την καλύτερη γονιμοποίηση των ανθέων.
- ◆ Τοποθέτηση εντός του θερμοκηπίου παγίδες κόλλας κίτρινου χρώματος για τον έλεγχο του αλευρώδη, της λυριόμυζας και της αφίδας και μπλε χρώματος για τον θρίπα και
- ◆ Τέλος κορυφολόγημα των φυτών πριν την όγδοη ταξιανθία για να ωριμάσουν γρηγορότερα οι υπάρχοντες καρποί και για να σταματήσει η παραγωγή νέων φύλλων και ταξιανθιών, που δεν θα προλάβαιναν να ωριμάσουν.



### 3.3.4 Άρδευση- Λίπανση

Η άρδευση και η λίπανση της υδροπονικής καλλιέργειας γινόταν με το σύστημα της στάγδην άρδευσης με παροχή σταλακτών 1 L/ h. Οι σωληνώσεις που οδηγούσαν τα θρεπτικό διάλυμα από τις δεξαμενές στους σταλάκτες και από κει στα φυτά ήταν κατασκευασμένες από PVC. Η δόση και η διάρκεια της άρδευσης και η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος ελέγχονταν αυτόματα με το πρόγραμμα Management and Control for Quality in Greenhouse (MACQUG). Εφαρμόστηκε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα με το οποίο το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιούνταν. Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος έγινε με τη χρήση ενός H/Y με το κατάλληλο λογισμικό, μιας σειράς δοσομετρικών αντλιών, ενός pH-μέτρου, ενός αγωγιμομέτρου και τριών δεξαμενών. Η τιμή του pH του διαλύματος ήταν 5,6 και η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ανερχόταν στα 2,1 dSm<sup>-1</sup>. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Στο θερμοκήπιο 1 η άρδευση βασιζόταν στην ηλιακή ακτινοβολία και εφαρμόζονταν όταν η διαπνοή των φυτών ξεπερνούσε τα 120 ml για την ελαφρόπετρα, τα 180 ml για τον περλίτη, τα 240ml για τον πετροβάμβακα τύπου Master και τα 300ml για τον πετροβάμβακα τύπου Expert. Ο ρυθμός της απορροής ήταν περίπου 35% περίπου. Η ποσότητα του νερού που εφαρμοζόταν υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$E = TR / (1 - dr)$$

Όπου

E: το σύνολο του νερού που εφαρμόζονταν (kg/m<sup>2</sup>)

TR: η διαπνοή της καλλιέργειας (kg/m<sup>2</sup>\*s)

Η διαπνοή υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$TR = A * R_{GO}$$

Όπου

R<sub>GO</sub>: η ενέργεια από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία (kJ/m<sup>2</sup>\*s) και

A: υπολογίζεται από τον τύπο  $A = K_c * \tau * \alpha / \lambda$  όπου K<sub>c</sub> ο συντελεστής της καλλιέργειας, τ ο συντελεστής διαπερατότητας του καλύμματος του θερμοκηπίου, α ο συντελεστής εξάτμισης και λ η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε J/kg.





Στοιχείο	Ποσότητα σε ppm
K <sup>+</sup>	280
Mg <sup>+2</sup>	46
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	40
PO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	40
Ca <sup>+2</sup>	164
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	233

Στο θερμοκήπιο 2 η εφαρμογή της άρδευσης βασιζόταν στην ηλιακή ακτινοβολία και εφαρμοζόταν όταν η διαπνοή των φυτών ξεπερνούσε τα 240ml και για τα τέσσερα υποστρώματα.

### 3.4 Περιγραφή μετρήσεων

#### 3.4.1 Κλιματικές μετρήσεις

##### 3.4.1.1 Μετρήσεις εξωτερικού περιβάλλοντος

Οι μετρήσεις που καταγράφονταν στο εξωτερικό του θερμοκηπίου ήταν:

- Η θερμοκρασία (To, °C) καθώς και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα (Do, kPa) με αισθητήρα θερμοκρασίας- υγρασίας (τύπου HD9009TR Hygrotransmitter, Delta OHM S.r.L., Padova, Italia). Το ψυχρόμετρο υπολόγιζε το έλλειμμα κορεσμού του αέρα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του υγρού και του ξηρού θερμομέτρου,
- Η ηλιακή ακτινοβολία (RGO, W m<sup>-2</sup>) με πυρανόμετρο (τύπου Middleton EP08-E, Brunswick, Victoria, Australia).

##### 3.4.1.2 Μετρήσεις εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι μετρήσεις που καταγράφονταν στο εσωτερικό θερμοκήπιο ήταν:

- Η θερμοκρασία (Ti, °C) και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα (Di, kPa) (τύπου HD9009TR Hygrotransmitter, Delta OHM S.r.L., Padova, Italia)
- Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία πάνω και κάτω από την καλλιέργεια (RGi, W m<sup>-2</sup>) με πυρανόμετρο (τύπου Middleton EP08-E, Brunswick, Victoria, Australia)
- Η υγρασία των υποστρωμάτων με αισθητήρα υγρασίας (τύπου ECH20, Decagon Devices, Pullman WA.).

Για την συλλογή, την αρχική επεξεργασία και την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε σύστημα συλλογής και καταγραφής δεδομένων (ZENO-3200, Coastal Environmental Systems, Inc., Seattle, WA). Όλες οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 30 δευτερόλεπτα και καταγράφονταν η μέση τιμή τους κάθε δέκα λεπτά.

### **3.4.2 Βιολογικές μετρήσεις**

#### **3.4.2.1 Μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης**

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν κάθε 20 ημέρες, τις εξής ημερομηνίες :

25/2/2009

9/3/2009

20/3/2009

10/4/2009

29/4/2009

20/5/2009

4/6/2009

Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν 5 φυτά ανά υπόστρωμα (20 φυτά ανά θερμοκήπιο) και σε κάθε μέτρηση καταγράφονταν :

- ♦ Ύψος στελέχους
- ♦ Αριθμός φύλλων
- ♦ Μήκος και πλάτος φύλλων
- ♦ Αριθμός ταξιανθιών
- ♦ Αριθμός καρπών ανά ταξιανθία
- ♦ Αριθμός κόμβων
- ♦ Αριθμός καρπών
- ♦ Αριθμός ανθέων

### 3.4.2.2 Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης

#### Ύψος στελέχους

Η μέτρηση γινόταν από τη βάση μέχρι την κορυφή του φυτού, στο σημείο εμφάνισης του πρώτου φύλλου με μήκος μικρότερο από 5cm περίπου.

#### Αριθμός φύλλων

Μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των φύλλων ανά φυτό.

#### Μήκος και πλάτος φύλλων

Η μέτρηση του μήκους του φύλλου γινόταν από τη βάση του μίσχου ως την άκρη του ελάσματος, ενώ η μέτρηση του πλάτους γινόταν από τη μια άκρη του ελάσματος της μεγαλύτερης απόστασης ως την άλλη άκρη, κάθετα προς το μήκος του φύλλου. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέση φυλλική επιφάνεια ανά φυτό από τον τύπο:

$$LA = 0.32 * L * W \text{ (Κατσούπα, 2010)}$$

Όπου:

L: το μήκος των φύλλων σε cm

W: το πλάτος των φύλλων σε cm και

LA: η φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο.

Για τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας των φυτών γινόταν άθροισμα της επιφάνειας όλων των φύλλων του φυτού.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο δέκτης φυλλικής επιφάνειας. Για τον υπολογισμό του δείκτη φυλλικής επιφάνειας πολλαπλασιάστηκε η φυλλική επιφάνεια ανά φυτό με την πυκνότητα των φυτών που στην περίπτωση μας ισούται με 2,1.

#### Αριθμός ταξιανθιών

Η μέτρηση αφορούσε ταξιανθίες που είχαν μήκος μεγαλύτερο από 1cm και μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός τους ανά φυτό.

### **Αριθμός καρπών ανά φυτό**

Μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός ώριμων και μη καρπών ανά φυτό και υπολογίστηκε το άθροισμα των καρπών.

### **Αριθμός ανθέων**

Μετρήθηκε ο αριθμός των ανθέων ανά ταξιανθία και υπολογίστηκε το άθροισμα των ανθέων ανά φυτό.

### **Αριθμός κόμβων**

Ο αριθμός κόμβων προέκυψε από το άθροισμα των φύλλων και των ταξιανθιών του κάθε φυτού.

### **Μήκος μεσογονατίων διαστημάτων**

Το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων προέκυψε από το λόγο του μήκους του στελέχους προς τον αριθμό των κόμβων.

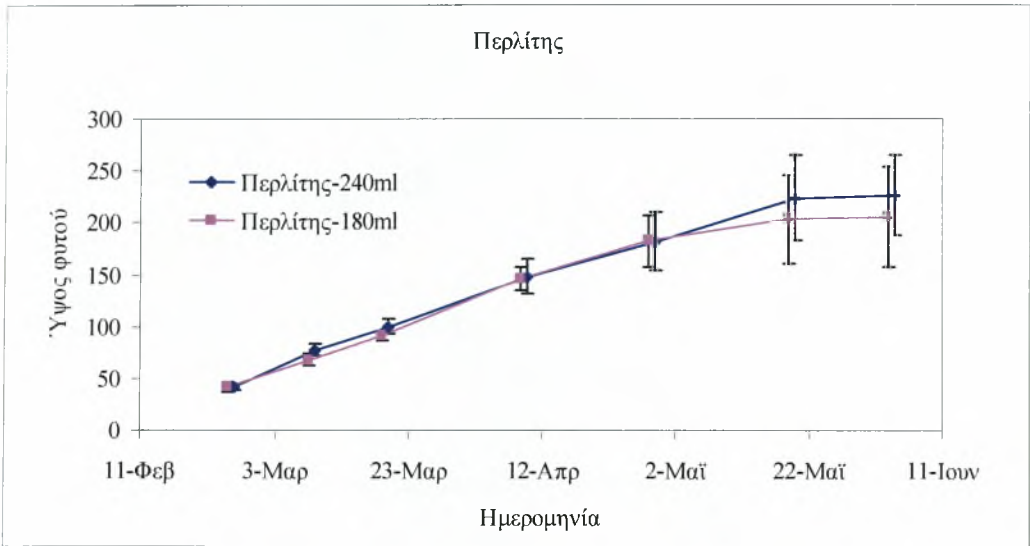
## **3.5 Στατιστική ανάλυση**

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο SPSS 17.0. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο General Linear Model και το εργαλείο ανάλυσης Repeated measures. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων με το κριτήριο καθορίστηκαν από τη σημαντικότητα (significance). Όταν η σημαντικότητα ήταν μεγαλύτερη από το 0,05 τότε δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επίσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο Microsoft Excel με τη βοήθεια του οποίου δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα.

## **4      Αποτελέσματα και Συζήτηση**

4 Αποτελέσματα

4.1 Ύψος Φυτών



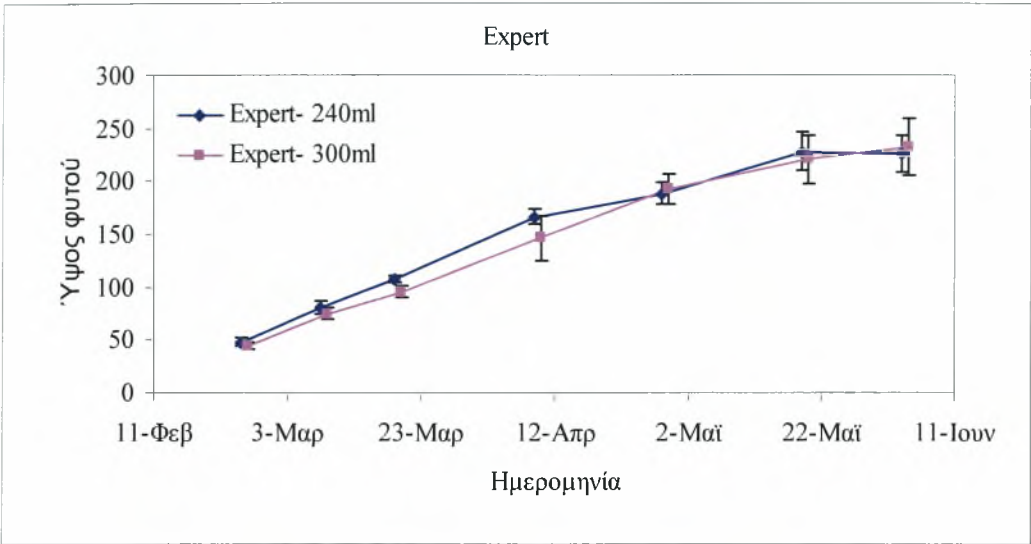
Σχήμα 4.1. Εξέλιξη του ύψους των φυτών σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 180 ml και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη στο ύψος των φυτών σε υπόστρωμα περλίτη για κανονική άρδευση (180 ml) και για άρδευση με 240 ml νερό. Παρατηρείται ότι το ύψος του φυτού από τις 25 Φεβρουαρίου- 20 Μαΐου παρουσιάζει αύξηση. Ενώ από τις 21 Μαΐου- 4 Ιουνίου παρατηρείται σταθερότητα στο ύψος των φυτών λόγω του κορφολογήματος των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο διαφορετικών δόσεων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα βρέθηκε ίση με 0,46.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1342646,702	1	1342646,702	612,537	,000
Gr	1308,097	1	1308,097	,597	,462
Error	17535,538	8	2191,942		

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για το ύψος των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



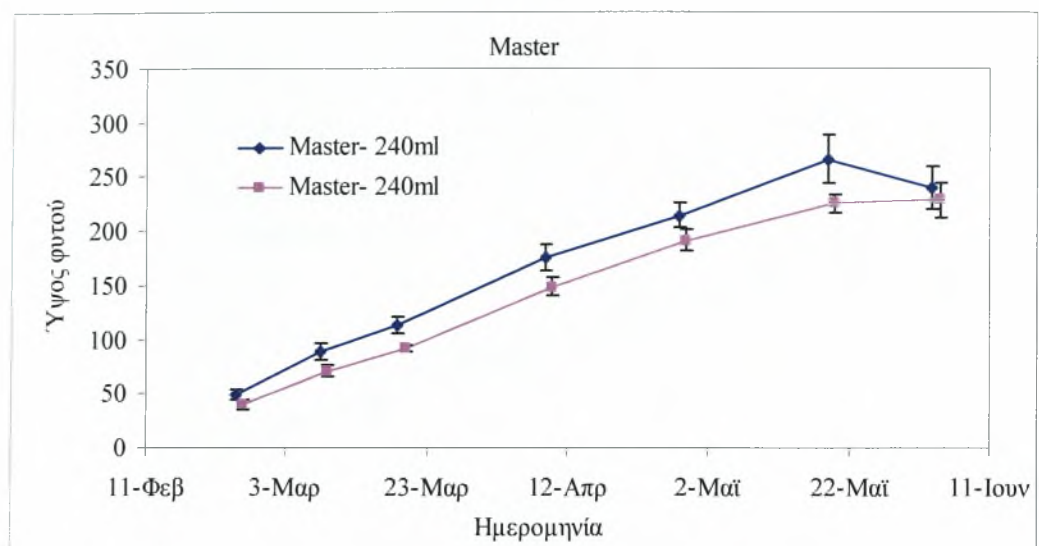
**Σχήμα 4.2.** Εξέλιξη στο ύψος των φυτών σε υπόστρωμα *Expert* για άρδευση με 300 ml και για άρδευση με 240 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ύψος των φυτών σε υπόστρωμα *Expert* για κανονική άρδευση (300 ml) και για άρδευση με 180 ml. Παρατηρείται ότι το ύψος του φυτού από τις 25 Φεβρουαρίου- 20 Μαΐου παρουσιάζει αύξηση. Ενώ από τις 21 Μαΐου- 4 Ιουνίου παρατηρείται σταθερότητα στο ύψος των φυτών λόγω του κορφολογήματος των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο διαφορετικών τρόπων άρδευσης , καθώς η σημαντικότητα είναι 0,302.

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1018642,843	1	1018642,843	2178,712	,000
Gr	618,998	1	618,998	1,324	,302
Error	2337,718	5	467,544		

**Πίνακας 4.2.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για το ύψος των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.





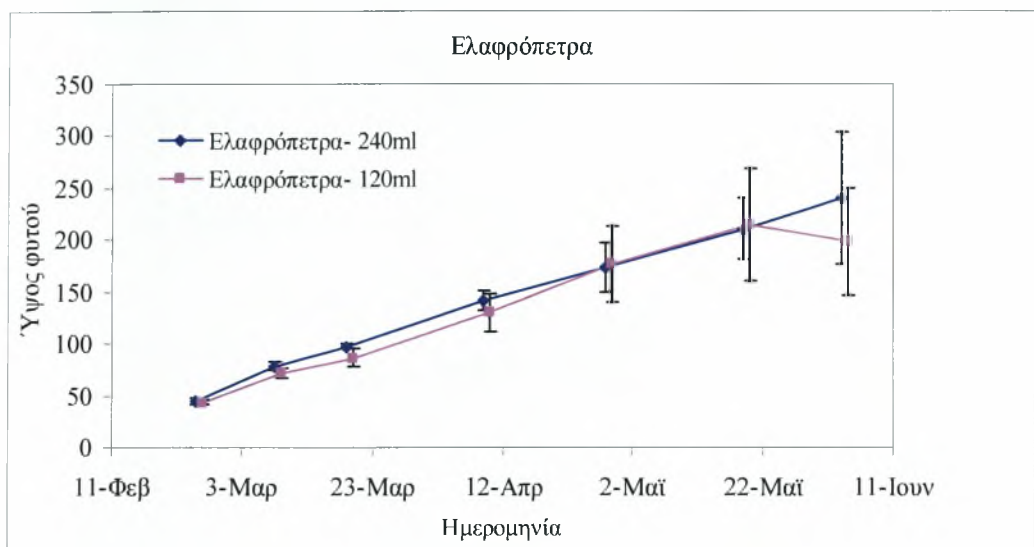
**Σχήμα 4.3.** Εξέλιξη στο ύψος των φυτών σε υπόστρωμα Master για άρδευση 240ml και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ύψος των φυτών σε υπόστρωμα Master για κανονική άρδευση (240ml) και για άρδευση με 180 ml. Παρατηρείται ότι το ύψος του φυτού από τις 25 Φεβρουαρίου- 20 Μαΐου παρουσιάζει αύξηση. Ενώ από τις 21 Μαΐου- 4 Ιουνίου παρατηρείται σταθερότητα στο ύψος των φυτών λόγω του κορφολογήματος των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,003.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1263033,587	1	1263033,587	3531,416	,000
Gr	8498,232	1	8498,232	23,761	,003
Error	2145,938	6	357,656		

**Πίνακας 4.3.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για το ύψος των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.4.** Εξέλιξη στο ύψος των φυτών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml και για άρδευση με 120 ml. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

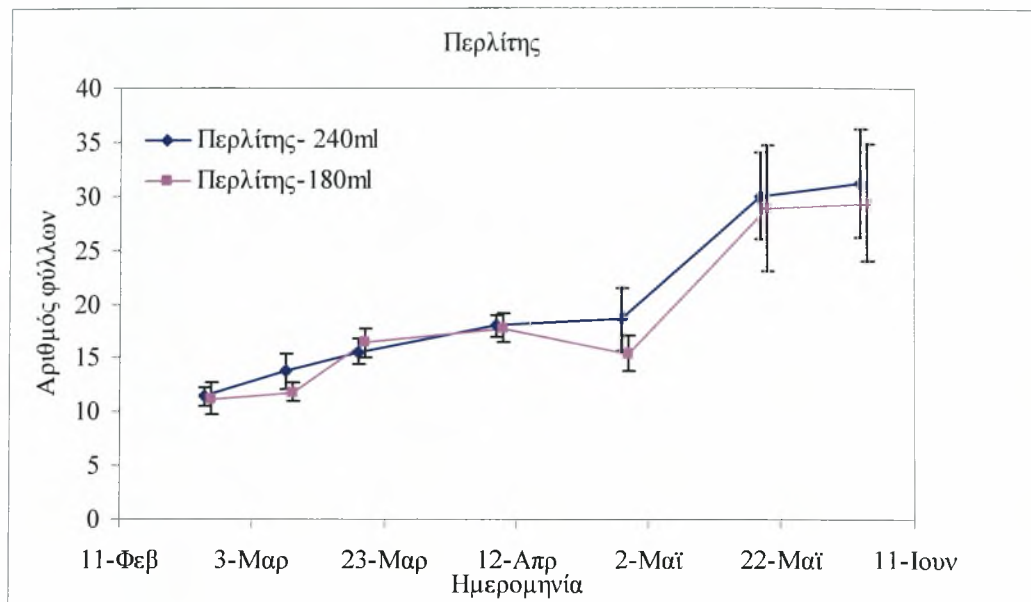
Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ύψος των φυτών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για κανονική άρδευση (120ml) και για άρδευση με 180 ml νερό. Παρατηρείται ότι το ύψος του φυτού από τις 25 Φεβρουαρίου- 20 Μαΐου παρουσιάζει αύξηση. Ενώ από τις 21 Μαΐου- 4 Ιουνίου παρατηρείται μείωση στα φυτά που εφαρμόζεται άρδευση 120 ml λόγω καταστροφής ενός φυτού. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,401.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1299947,666	1	1299947,666	662,065	,000
Gr	1544,421	1	1544,421	,787	,401
Error	15707,805	8	1963,476		

**Πίνακας 4.4.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για το ύψος των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

## 4.2 Αριθμός Φύλλων



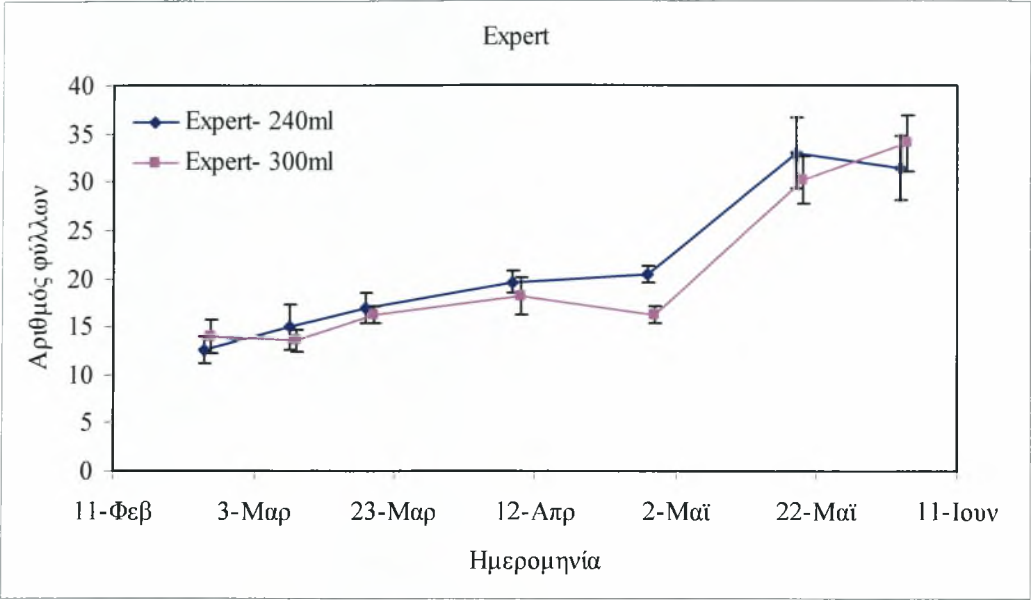
**Σχήμα 4.5.** Αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερού και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.5 παρουσιάζεται ο αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερού και για άρδευση με 180 ml νερό. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των φύλλων αυξάνει κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των φύλλων λόγω της αφαίρεσης των κατώτερων υπερώριμων φύλλων. Στις δύο επόμενες μετρήσεις παρατηρείται αύξηση του αριθμού των φύλλων και στα δύο θερμοκήπια. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,351.

### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	25920,129	1	25920,129	1170,586	,000
Gr	21,729	1	21,729	,981	,351
Error	177,143	8	22,143		

**Πίνακας 4.5.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



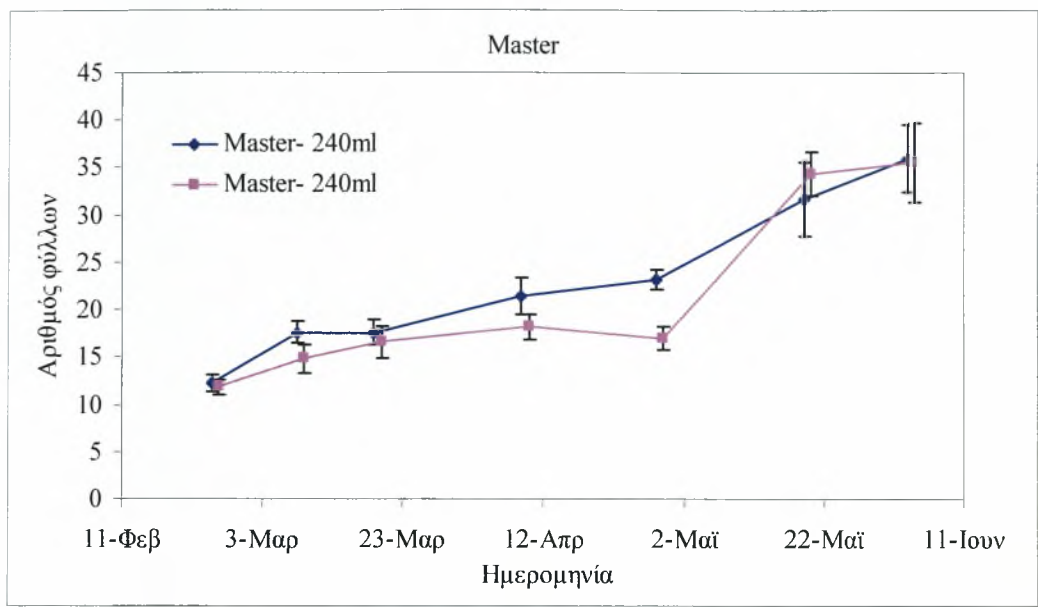
**Σχήμα 4.6.** Αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερού και για άρδευση με 300 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.6 παρουσιάζεται ο αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερού και για άρδευση με 300 ml νερό. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των φύλλων αυξάνει κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των φύλλων λόγω της αφαίρεσης των κατώτερων υπερώριμων φύλλων. Επίσης παρατηρείται κατά την έβδομη μέτρηση στο υπόστρωμα Expert που γίνεται άρδευση με 240ml νερού μια μείωση στον αριθμό των φύλλων λόγω μηχανικού τραυματισμού. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,359.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	20952,551	1	20952,551	2065,744	,000
Gr	10,347	1	10,347	1,020	,359
Error	50,714	5	10,143		

**Πίνακας 4.6.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



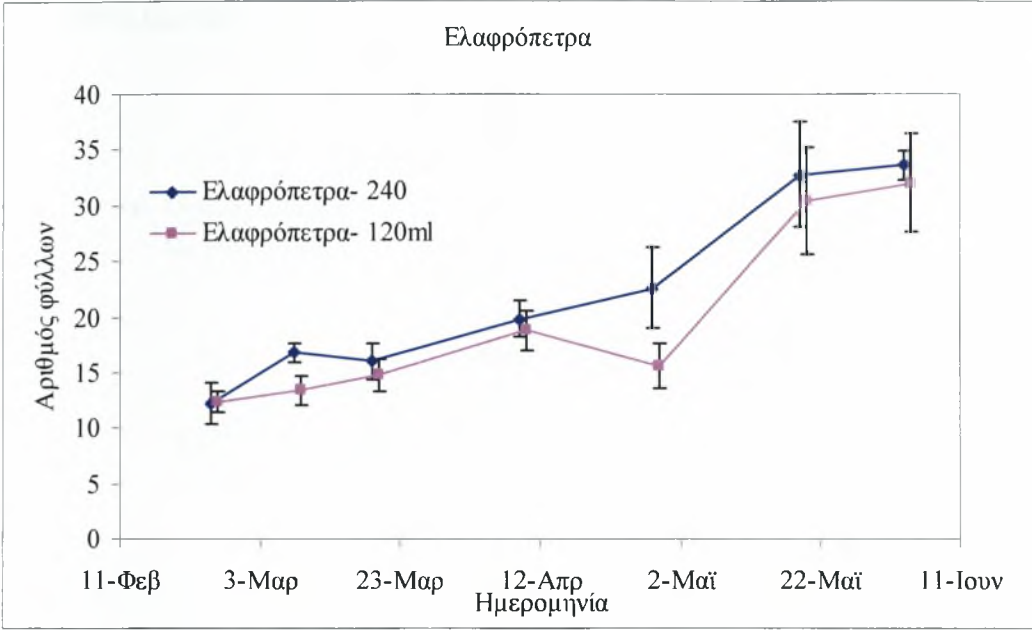
**Σχήμα 4.7.** Αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.7 παρουσιάζεται ο αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των φύλλων αυξάνει κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των φύλλων λόγω της αφαίρεσης των κατώτερων υπερώριμων φύλλων. Στις δύο επόμενες μετρήσεις παρατηρείται αύξηση του αριθμού των φύλλων και στα δύο θερμοκήπια. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,027.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	26029,733	1	26029,733	3695,073	,000
Gr	59,733	1	59,733	8,479	,027
Error	42,267	6	7,044		

**Πίνακας 4.7.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.8.** Αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας για άρδευση με 240ml και για άρδευση με 120 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.8 παρουσιάζεται ο αριθμός φύλλων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας για άρδευση με 240ml και για άρδευση με 120 ml νερό. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των φύλλων αυξάνει κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των φύλλων λόγω της αφαίρεσης των κατώτερων υπερώριμων φύλλων. Στις δύο επόμενες μετρήσεις παρατηρείται αύξηση του αριθμού των φύλλων και στα δύο θερμοκήπια. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,052.

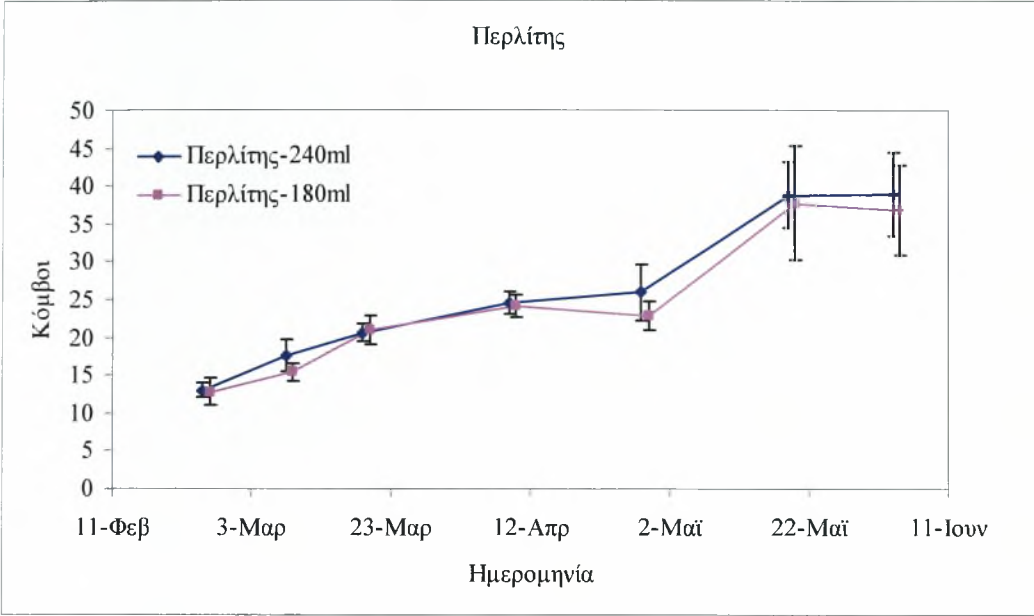
**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	30284,800	1	30284,800	1637,016	,000
Gr	96,057	1	96,057	5,192	,052
Error	148,000	8	18,500		

**Πίνακας 4.8.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



4.3 Αριθμός Κόμβων



Σχήμα 4.9. Αριθμός κόμβων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

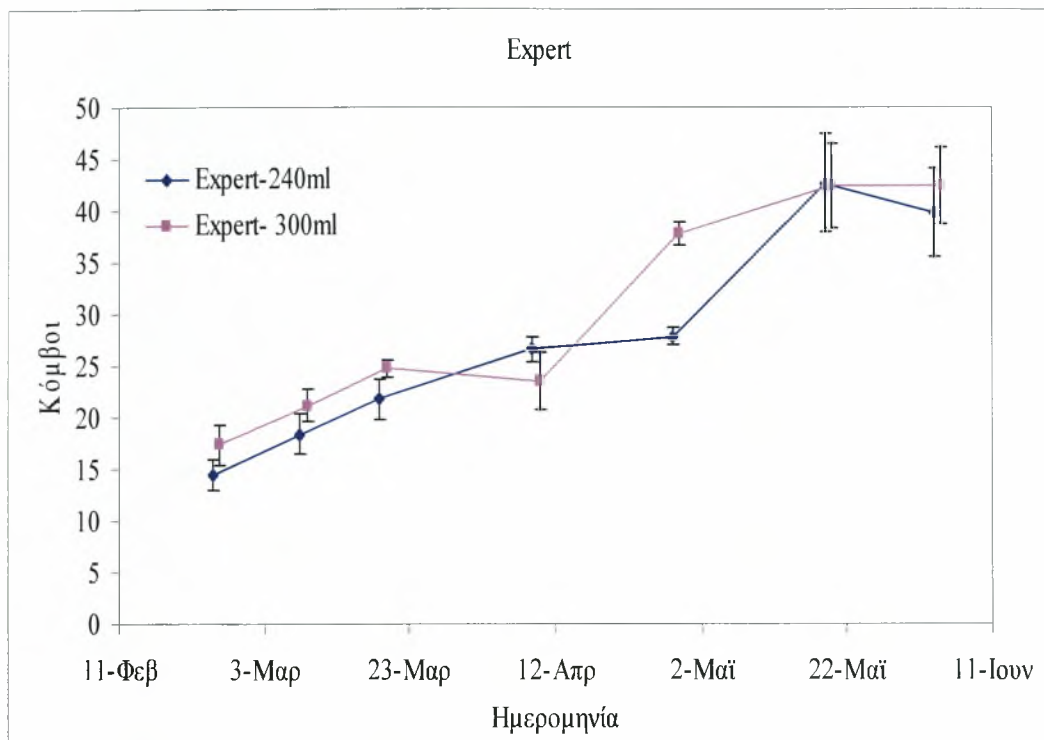
Στο σχήμα 4.9 παρουσιάζεται ο αριθμός των κόμβων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml και για άρδευση με 180 ml νερό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,396.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	43850,057	1	43850,057	1273,653	,000
Gr	27,657	1	27,657	,803	,396
Error	275,429	8	34,429		

Πίνακας 4.9. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των κόμβων των φυτών των δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.





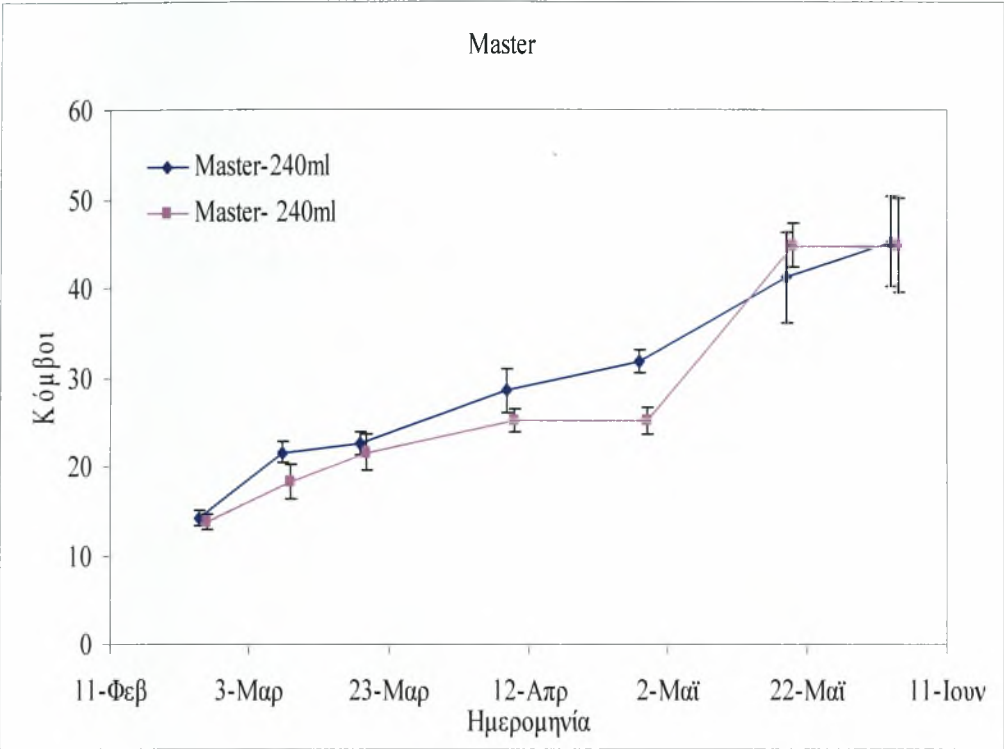
**Σχήμα 4.10.** Αριθμός κόμβων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.10 παρουσιάζεται ο αριθμός των κόμβων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,379.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	34255,347	1	34255,347	2032,097	,000
Gr	15,673	1	15,673	,930	,379
Error	84,286	5	16,857		

**Πίνακας 4.10.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των κόμβων των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



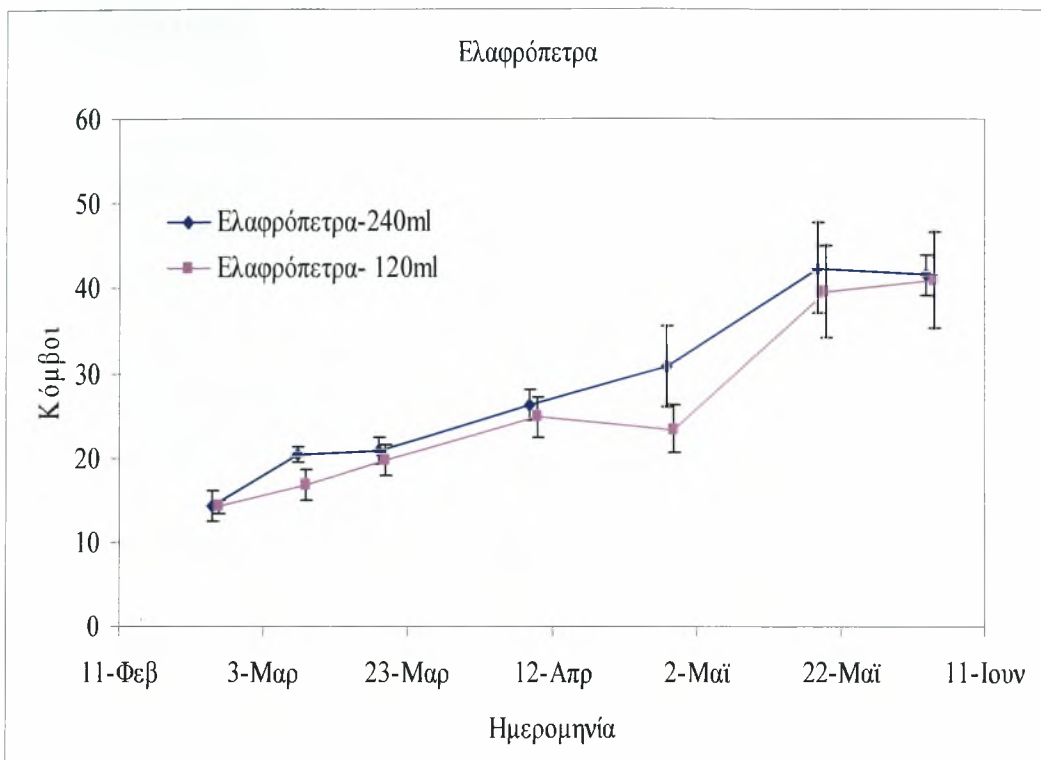
*Σχήμα 4.11. Αριθμός κόμβων σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.*

Στο σχήμα 4.11 παρουσιάζεται ο αριθμός των κόμβων σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,067.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	43416,096	1	43416,096	3419,873	,000
Gr	63,525	1	63,525	5,004	,067
Error	76,171	6	12,695		

*Πίνακας 4.11. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των κόμβων των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.*



**Σχήμα 4.12.** Αριθμός κόμβων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

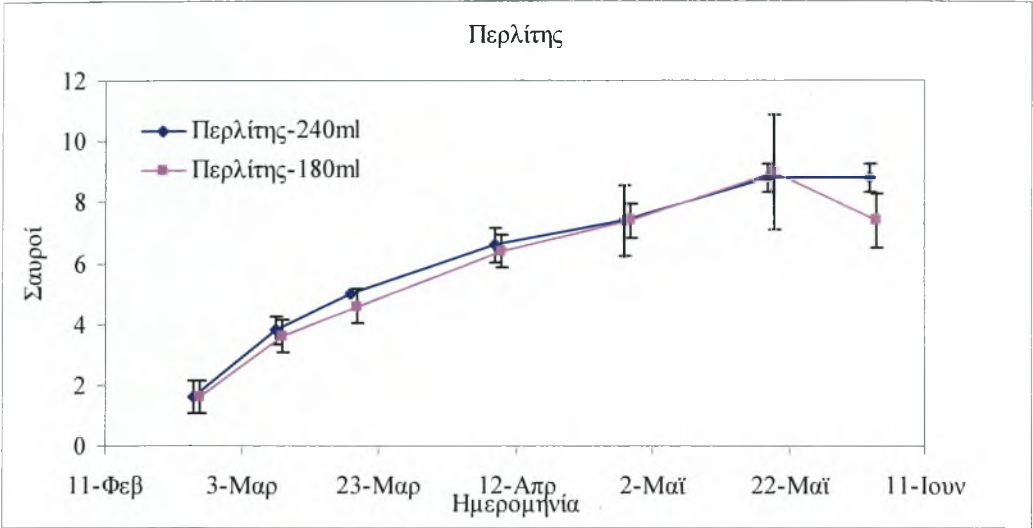
Στο σχήμα 4.12 παρουσιάζεται ο αριθμός των κόμβων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120 ml νερό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,108.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	50437,729	1	50437,729	1602,651	,000
Gr	103,214	1	103,214	3,280	,108
Error	251,771	8	31,471		

**Πίνακας 4.12.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των κόμβων των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

4.4 Αριθμός σταυρών



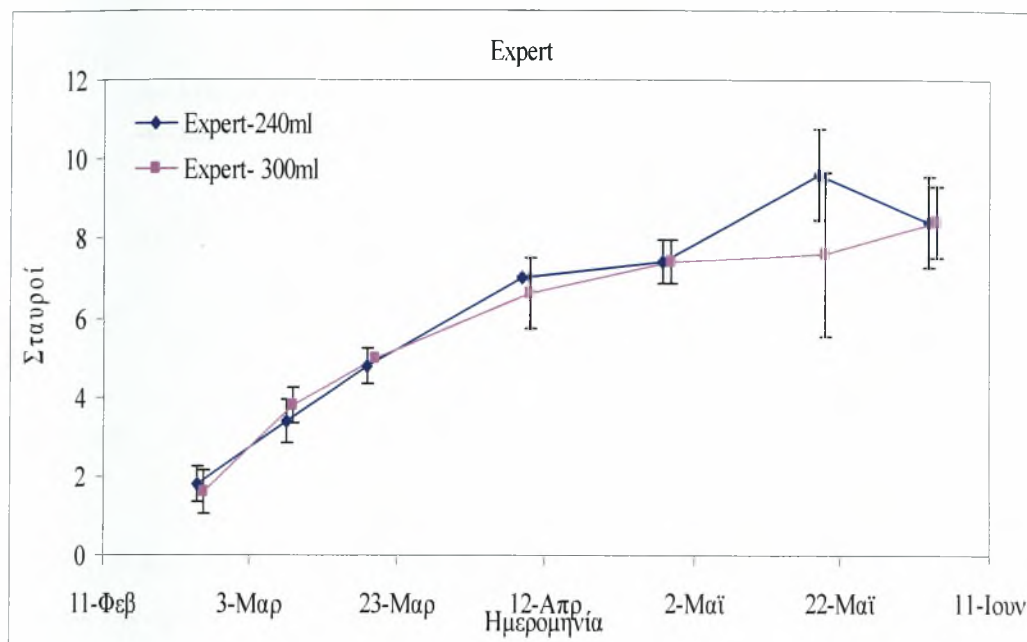
Σχήμα 4.13. Αριθμός σταυρών σε υπόστρωμα περλίτη για κανονική άρδευση 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.13 παρουσιάζεται ο αριθμός των σταυρών σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. . Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση του αριθμού των σταυρών. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των σταυρών που οφείλεται σε μηχανικό τραυματισμό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,406.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	2401,429	1	2401,429	1293,077	,000
Gr	1,429	1	1,429	,769	,406
Error	14,857	8	1,857		

Πίνακας 4.13. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των σταυρών των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



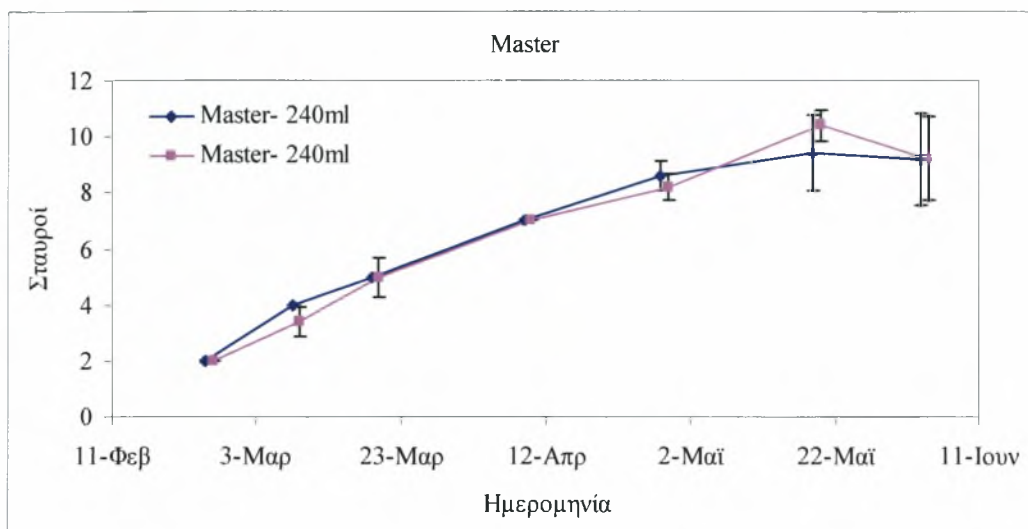
**Σχήμα 4.14.** Αριθμός σταυρών σε υπόστρωμα Expert για ή άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.14 παρουσιάζεται ο αριθμός των σταυρών σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300 ml νερό. . Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση του αριθμού των σταυρών. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των σταυρών που οφείλεται σε μηχανικό τραυματισμό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,523.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1626,673	1	1626,673	1388,624	,000
Gr	,551	1	,551	,470	,523
Error	5,857	5	1,171		

**Πίνακας 4.14.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των σταυρών των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



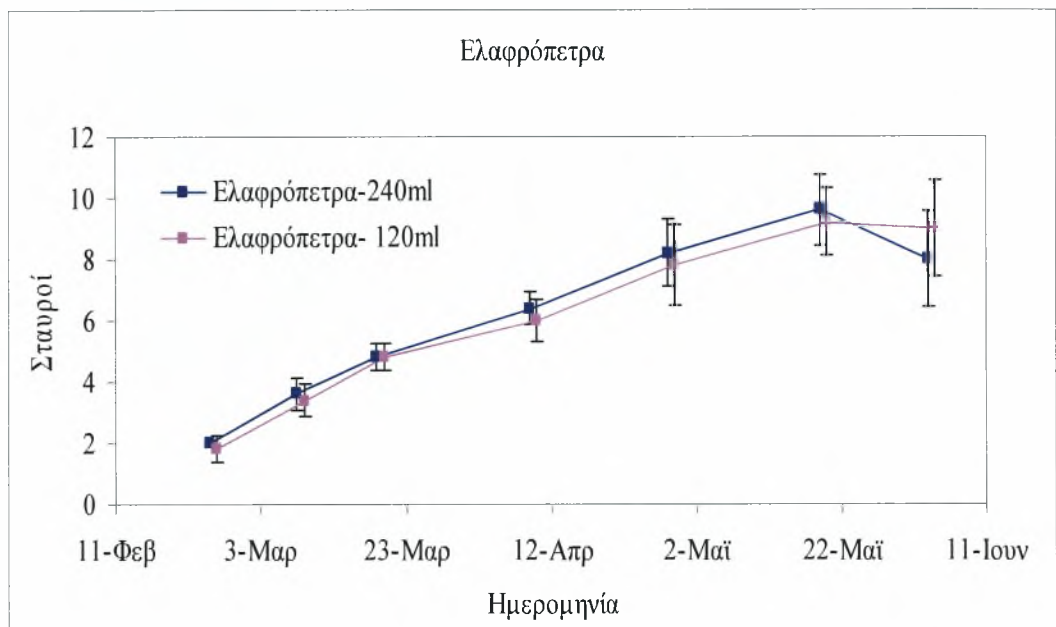
**Σχήμα 4.15.** Αριθμός σταυρών σε υπόστρωμα Master για κανονική άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.15 παρουσιάζεται ο αριθμός των σταυρών σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση του αριθμού των σταυρών. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των σταυρών που οφείλεται σε μηχανικό τραυματισμό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,835.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	2211,630	1	2211,630	1804,827	,000
Gr	,058	1	,058	,048	,835
Error	7,352	6	1,225		

**Πίνακας 4.15.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των σταυρών των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.16.** Αριθμός σταυρών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.16 παρουσιάζεται ο αριθμός των σταυρών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120 ml νερό. Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση του αριθμού των σταυρών. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των σταυρών που οφείλεται σε μηχανικό τραυματισμό. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,842.

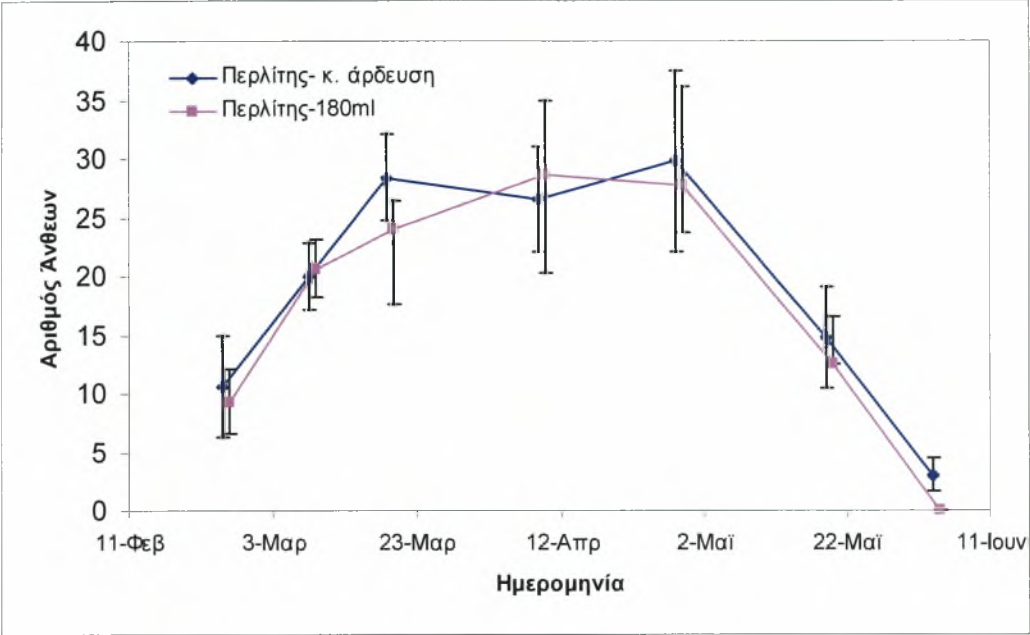
#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	2556,129	1	2556,129	846,000	,000
Gr	,129	1	,129	,043	,842
Error	24,171	8	3,021		

**Πίνακας 4.16.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των σταυρών των φύλλων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



4.5 Αριθμός Των Ανθέων



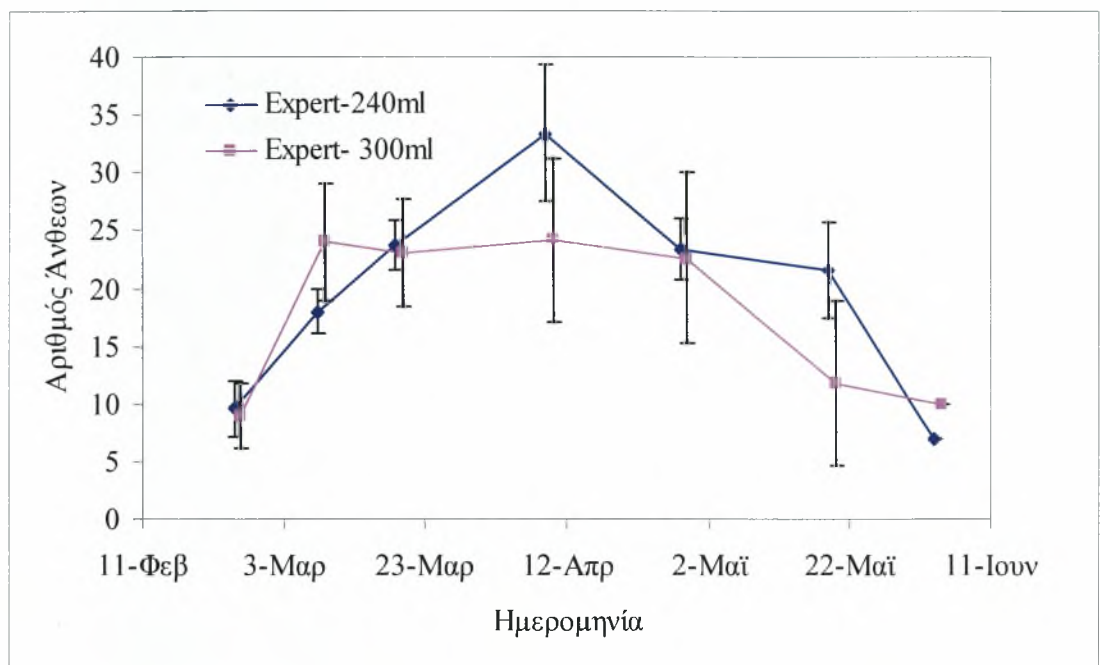
Σχήμα 4.17. Αριθμός ανθέων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.17 παρουσιάζεται ο αριθμός των ανθέων σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Κατά τις πέντε πρώτες μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των ανθέων. Ενώ κατά την έκτη και έβδομη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη μείωση στον αριθμό των ανθέων και αυτό οφείλεται στην αύξηση των καρπών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,851.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	33223,214	1	33223,214	515,146	,000
Gr	2,414	1	2,414	,037	,851
Error	515,943	8	64,493		

Πίνακας 4.17. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των ανθέων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



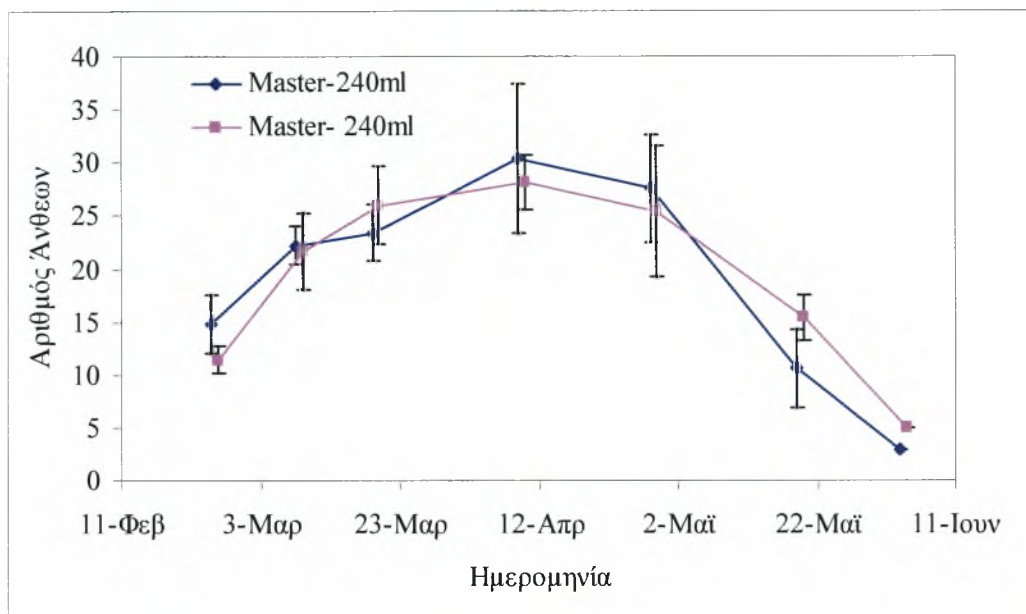
**Σχήμα 18.** Αριθμός ανθέων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.18 παρουσιάζεται ο αριθμός των ανθέων σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των ανθέων. Ενώ κατά την πέμπτη και έκτη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη μείωση στον αριθμό των ανθέων και αυτό οφείλεται στην αύξηση των καρπών. Ενώ κατά την έβδομη μέτρηση δεν υπάρχει γραμμή σφάλματος καθώς η τυπική απόκλιση είναι μηδενική αφού ο αριθμός των ανθέων είναι πολύ μικρός. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,402.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	22323,349	1	22323,349	358,498	,000
Gr	52,083	1	52,083	,836	,402
Error	311,345	5	62,269		

**Πίνακας 4.18.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των ανθέων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



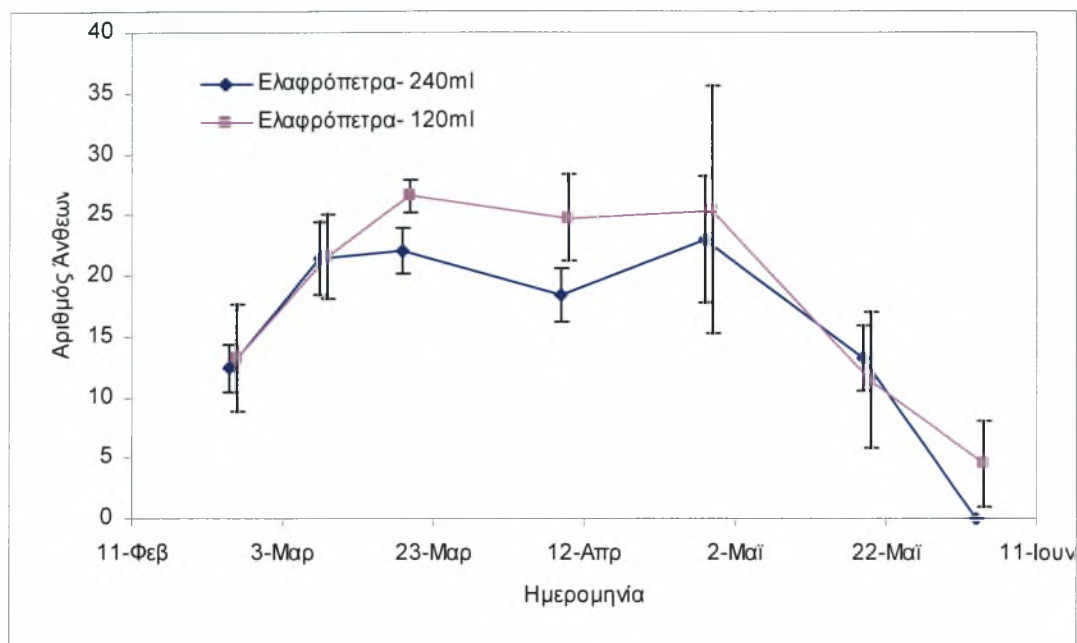
**Σχήμα 4.19.** Αριθμός ανθέων σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.19 παρουσιάζεται ο αριθμός των ανθέων σε υπόστρωμα Master για άρδευση 240ml νερό και για άρδευση με 240 ml νερό. Κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των ανθέων. Ενώ κατά την πέμπτη και έκτη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη μείωση στον αριθμό των ανθέων και αυτό οφείλεται στην αύξηση των καρπών. Ενώ κατά την έβδομη μέτρηση δεν υπάρχει γραμμή σφάλματος καθώς η τυπική απόκλιση είναι μηδενική αφού ο αριθμός των ανθέων είναι πολύ μικρός. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,776.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	25410,000	1	25410,000	523,660	,000
Gr	4,286	1	4,286	,088	,776
Error	291,143	6	48,524		

**Πίνακας 4.19.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των ανθέων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.20.** Αριθμός ανθέων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

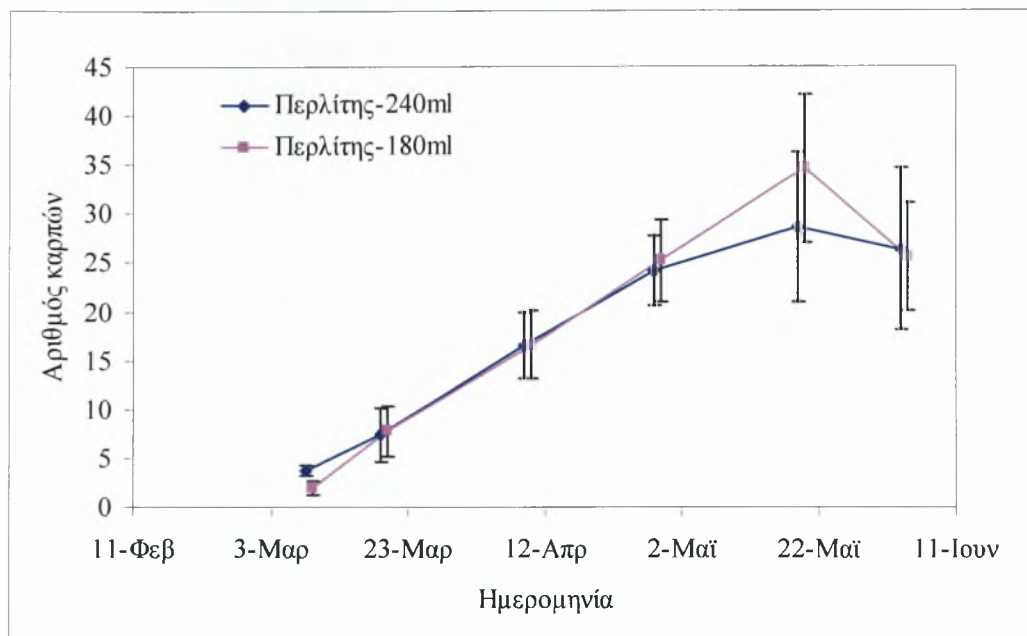
Στο σχήμα 4.20 παρουσιάζεται ο αριθμός των ανθέων σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120 ml νερό. Κατά τις τρεις πρώτες μετρήσεις παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των ανθέων. Ενώ στις τρεις υπόλοιπες παρατηρείται μείωση στον αριθμό των ανθέων και αυτό οφείλεται στην αύξηση των καρπών. Ενώ κατά την έβδομη μέτρηση δεν υπάρχει γραμμή σφάλματος καθώς η τυπική απόκλιση είναι μηδενική αφού ο αριθμός των ανθέων είναι πολύ μικρός. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,856.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	29335,557	1	29335,557	1478,394	,000
Gr	,700	1	,700	,035	,856
Error	158,743	8	19,843		

**Πίνακας 4.20.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των ανθέων των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

#### 4.6 Αριθμός Καρπών



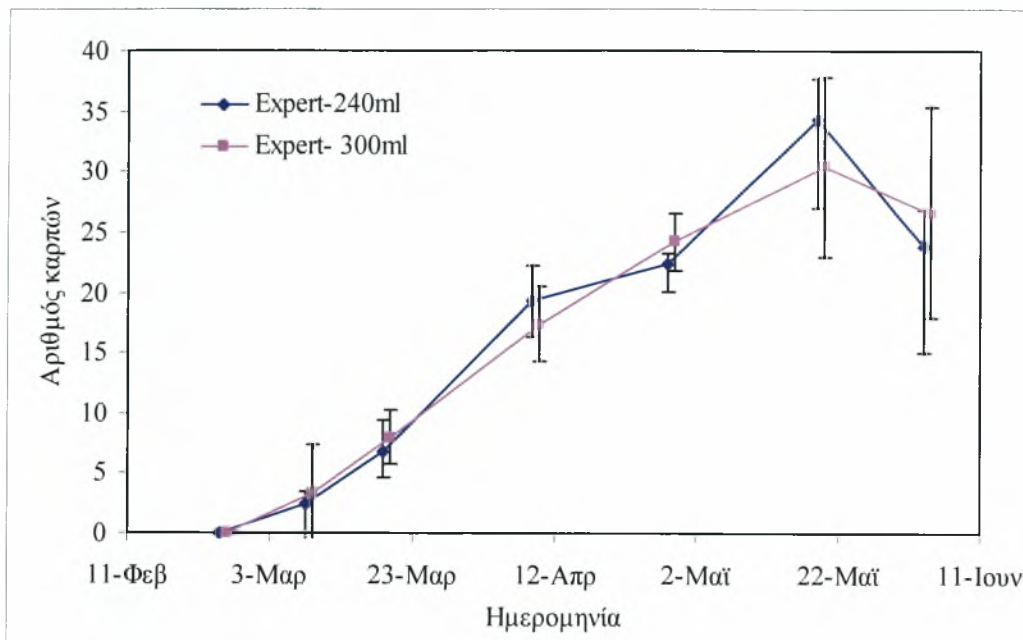
**Σχήμα 4.21.** Αριθμός καρπών σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.21 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των καρπών σε όλες τις μετρήσεις. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση έχουμε μείωση στον αριθμό των καρπών λόγω απομάκρυνσης των ώριμων καρπών κατά την συγκομιδή των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,689.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	17538,057	1	17538,057	367,289	,000
Gr	8,229	1	8,229	,172	,689
Error	382,000	8	47,750		

**Πίνακας 4.21.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των καρπών των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.22.** Αριθμός καρπών σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240 ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

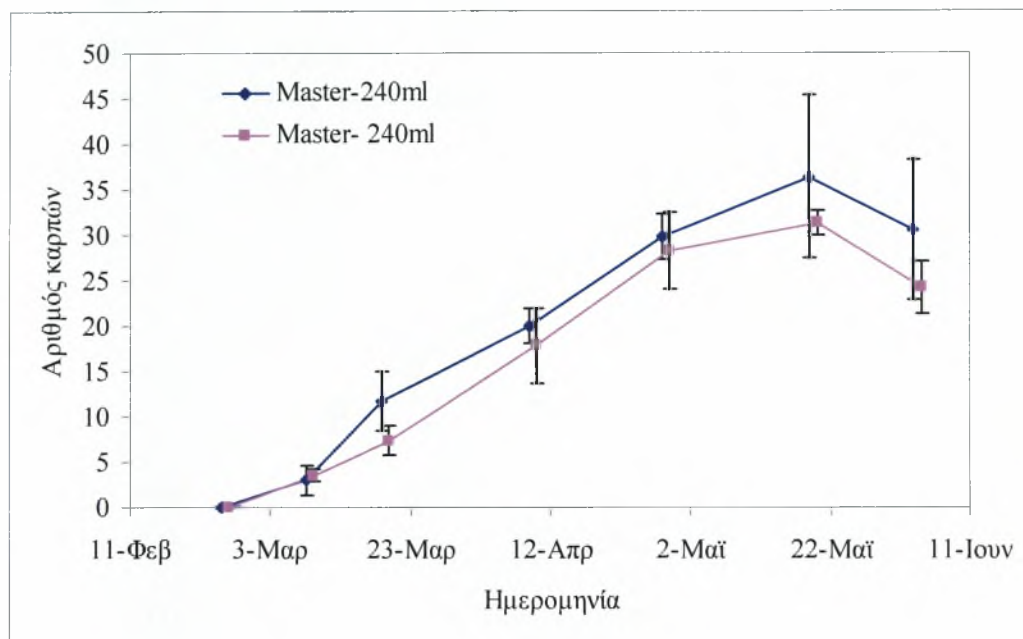
Στο σχήμα 4.22 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των καρπών σε όλες τις μετρήσεις. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση έχουμε μείωση στον αριθμό των καρπών λόγω απομάκρυνσης των ώριμων καρπών κατά την συγκομιδή των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,223.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	13534,083	1	13534,083	578,086	,000
Gr	45,185	1	45,185	1,930	,223
Error	117,060	5	23,412		

**Πίνακας 4.22.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των καρπών των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.





**Σχήμα 4.23.** Αριθμός καρπών σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

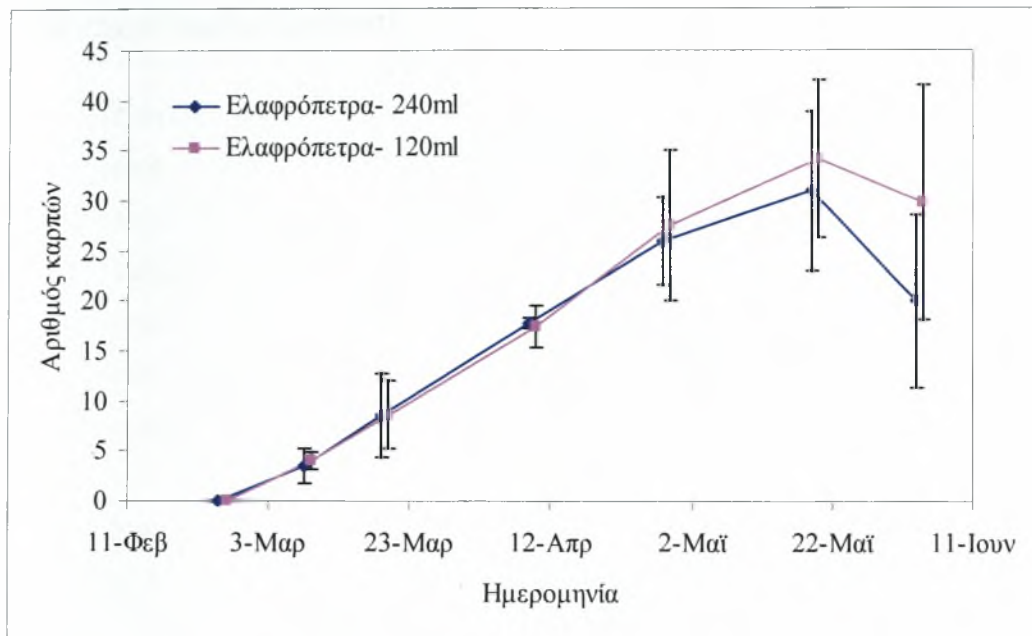
Στο σχήμα 4.23 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών σε Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των καρπών σε όλες τις μετρήσεις. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση έχουμε μείωση στον αριθμό των καρπών λόγω απομάκρυνσης των ώριμων καρπών κατά την συγκομιδή των φυτών. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,541.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	20772,584	1	20772,584	400,920	,000
Gr	21,346	1	21,346	,412	,541
Error	362,686	7	51,812		

**Πίνακας 4.23.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των καρπών των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.





**Σχήμα 4.24.** Αριθμός καρπών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.24 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών σε καρπών σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των καρπών σε όλες τις μετρήσεις. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση έχουμε μείωση στον αριθμό των καρπών λόγω απομάκρυνσης των ώριμων καρπών κατά την συγκομιδή των φυτών... Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,345.

#### Tests of Between-Subjects Effects

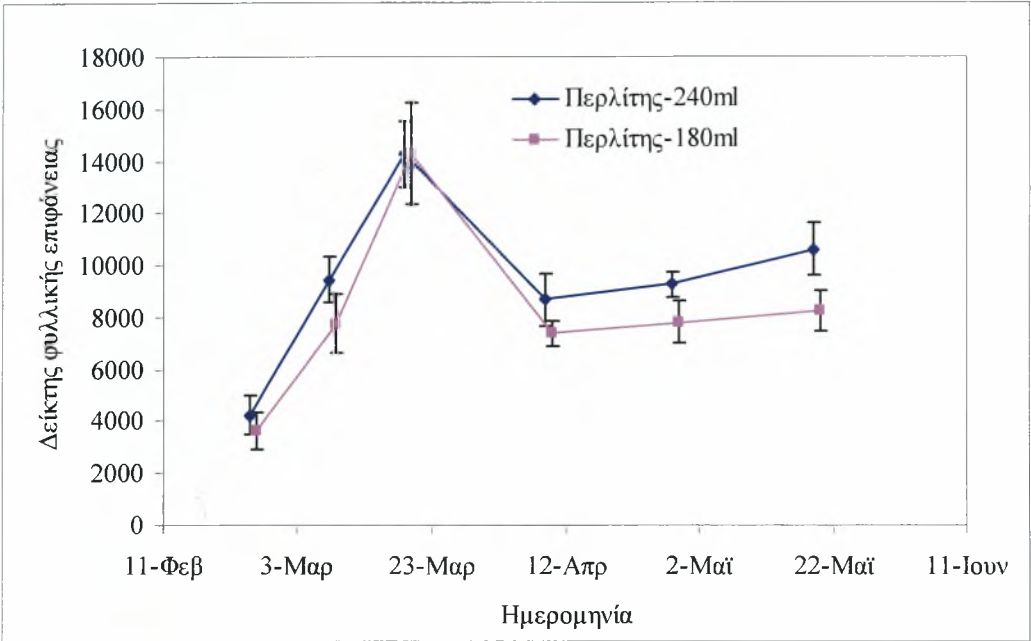
Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	19622,629	1	19622,629	239,613	,000
Gr	82,514	1	82,514	1,008	,345
Error	655,143	8	81,893		

**Πίνακας 4.24.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον αριθμό των καρπών των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

4.7 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας



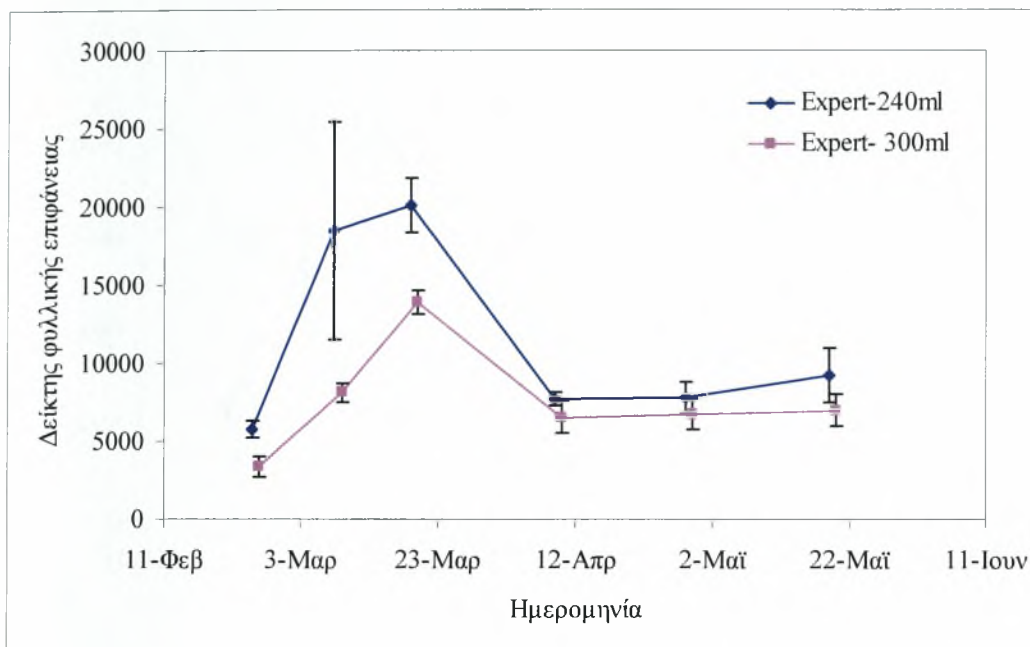
Σχήμα 4.25. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.25 παρουσιάζεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα περλίτη για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 180 ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας κατά τις τρεις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την τέταρτη μέτρηση παρατηρείται μια απότομη πτώση. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,04.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4,659E9	1	4,659E9	1439,030	,000
Gr	1,873E7	1	1,873E7	5,784	,043
Error	2,590E7	8	3237495,537		

Πίνακας 4.25. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



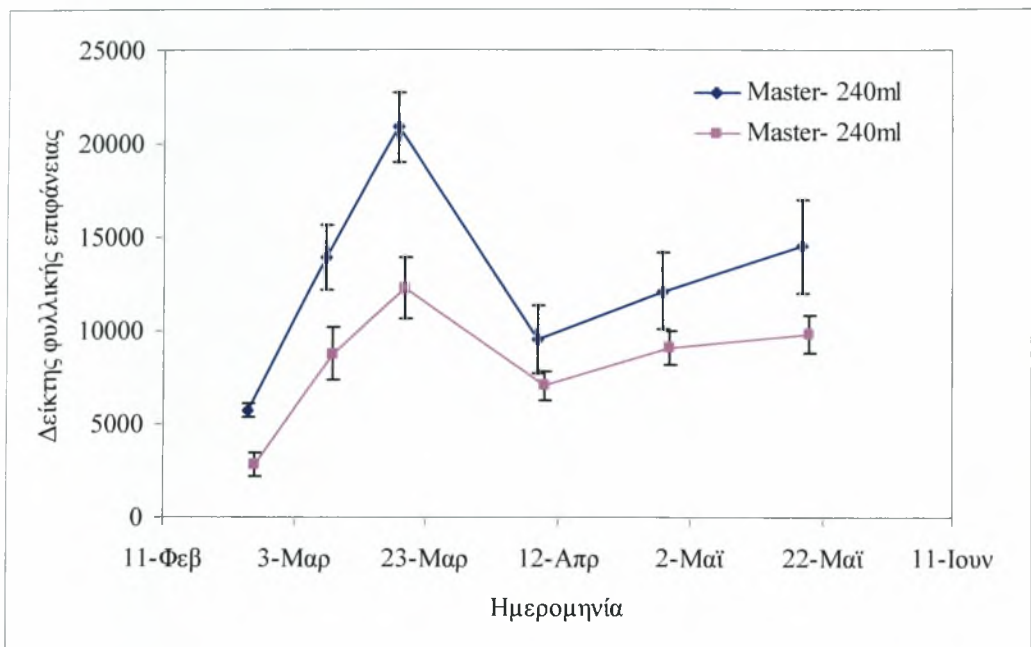
**Σχήμα 4.26.** Δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240 ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.26 παρουσιάζεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα Expert για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 300ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας κατά τις τρεις πρώτες μετρήσεις ενώ, κατά την τέταρτη μέτρηση παρατηρείται μια απότομη πτώση. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,386.

#### Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4,804E9	1	4,804E9	59,273	,000
Gr	6,724E7	1	6,724E7	,830	,386
Error	7,295E8	9	8,105E7		

**Πίνακας 4.26.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

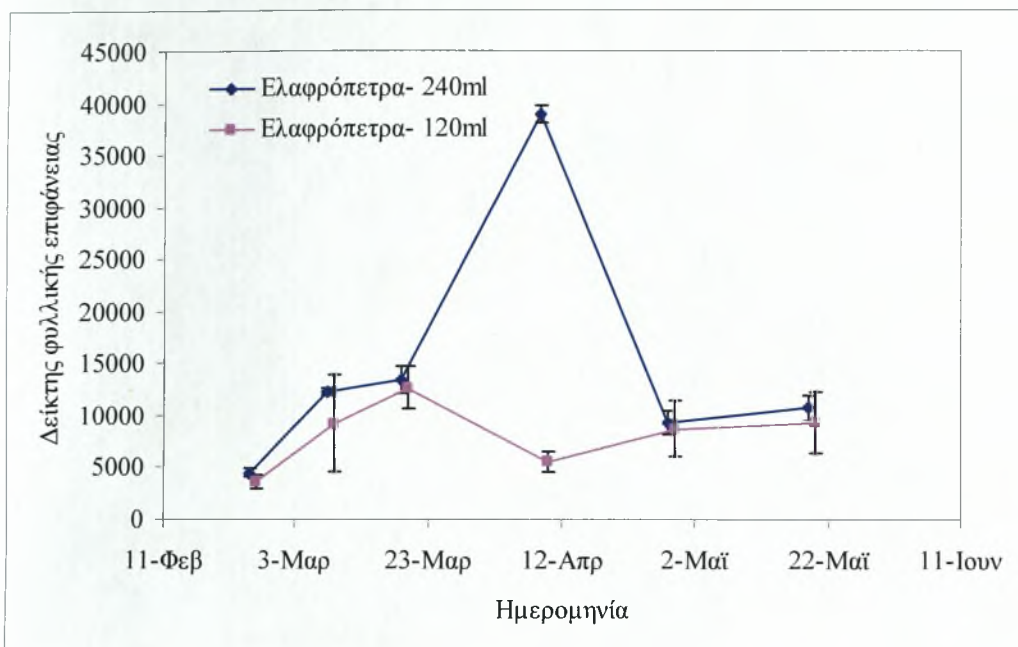


Σχήμα 4.27. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.27 παρουσιάζεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε Master για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 240ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας κατά τις τρεις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την τέταρτη μέτρηση παρατηρείται μια απότομη πτώση. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0.

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	6,574E9	1	6,574E9	740,916	,000
Gr	2,912E8	1	2,912E8	32,822	,000
Error	7,099E7	8	8873438,329		

Πίνακας 4.27. Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.



**Σχήμα 4.28.** Δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Οι γραμμές σφάλματος δείχνουν την τυπική απόκλιση των μέσων όρων των μετρήσεων.

Στο σχήμα 4.28 παρουσιάζεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας σε υπόστρωμα ελαφρόπετρα για άρδευση με 240ml νερό και για άρδευση με 120ml νερό. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στον δείκτη φυλλική επιφάνειας κατά τις τρεις πρώτες μετρήσεις. Ενώ κατά την τέταρτη μέτρηση η πρώτη μεταχείριση παρουσιάζει μια αύξηση ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρουσιάζει απότομη πτώση. Αντιθέτως η δεύτερη μεταχείριση παρουσιάζει μείωση κατά. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διαφορετικών τρόπων άρδευσης, καθώς η σημαντικότητα είναι 0,119.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4,714E9	1	4,714E9	370,369	,000
Gr	3,882E7	1	3,882E7	3,049	,119
Error	1,018E8	8	1,273E7		

**Πίνακας 4.28.** Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στους δυο διαφορετικούς τρόπους άρδευσης.

## **5    Συμπεράσματα**





## Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της δόσης άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας σε τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα.

Στο θερμοκήπιο 1 η άρδευση βασιζόταν στην ηλιακή ακτινοβολία και εφαρμόζονταν όταν η διαπνοή των φυτών ξεπερνούσε τα 120ml για την ελαφρόπετρα, τα 180ml για τον περλίτη, τα 240ml για τον πετροβάμβακα τύπου Master και τα 300ml για τον πετροβάμβακα τύπου Expert. Ενώ στο θερμοκήπιο 2 η άρδευση βασιζόταν στην ηλιακή ακτινοβολία και εφαρμόζονταν όταν η διαπνοή των φυτών ξεπερνούσε τα 240ml και για τα τέσσερα υποστρώματα. Έτσι παρατηρώντας τα σχήματα του Κεφαλαίου 4 βλέπουμε ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης δεν επηρέασαν την ανάπτυξη της υδροπονικής θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας στα τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα.

Πιο συγκεκριμένα, το ύψος του φυτού και στα τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα δεν επηρεάστηκε από τις διαφορετικές δόσεις άρδευσης. Αρχικά και στα τέσσερα υποστρώματα παρατηρούμε μια αύξηση στο ύψος των φυτών ενώ προς το τέλος αρχίζει να σταθεροποιήθηκε λόγω του κορυφολογήματος. Ο Κατσούλας (2005) παρατήρησε ότι στα φυτά που εφαρμοζόταν υψηλή συχνότητα άρδευσης το ύψος του φυτού ήταν ελαφρώς μακρύτερο σε σχέση με τα φυτά με τη χαμηλή συχνότητα άρδευσης, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων.

Όσον αναφορά τον αριθμό των φύλλων παρατηρείται ότι αυξάνεται κατά τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις και στις δύο μεταχειρίσεις για την κάθε περίπτωση υποστρώματος. Ενώ κατά την πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση στον αριθμό των φύλλων και στα τέσσερα υποστρώματα λόγω της αφαίρεσης των κατώτερων υπερώριμων φύλλων. Στις δύο επόμενες μετρήσεις παρατηρείται αύξηση του αριθμού των φύλλων και στα δύο θερμοκήπια.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν βρέθηκαν ούτε στον αριθμό των σταυρών ούτε στον αριθμό των κόμβων.

Ο αριθμός των ανθέων κατά τις πέντε πρώτες μετρήσεις παρουσιάζουν μια σταθερή αύξηση στον αριθμό των ανθέων και στις δύο μεταχειρίσεις για την κάθε περίπτωση υποστρώματος. Ενώ κατά την έκτη και έβδομη μέτρηση παρατηρείται

μεγάλη μείωση στον αριθμό των ανθέων και αυτό οφείλεται στην αύξηση των καρπών.

Ο αριθμός των καρπών παρουσιάζει μια σταθερή αύξηση σε όλες τις μετρήσεις. Παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση έχουμε μείωση στον αριθμό των καρπών λόγω απομάκρυνσης των ώριμων καρπών κατά τη συγκομιδή των φυτών.

Όσον αφορά το δείκτη φυλλικής επιφάνειας ο Τσιρογιάννης (2010) παρατήρησε κάποιες διακυμάνσεις παρουσιάστηκαν στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας σε φυτά ζέρμπερας που οφείλεται στη συνεχή αφαίρεση των παλαιών και κατεστραμμένων φύλλων και στην εμφάνιση νέων φύλλων.

Πιο συγκεκριμένα, στο υπόστρωμα περλίτης η άρδευση με 240ml έδωσε μεγαλύτερο ύψος, αριθμό φύλλων, κόμβων, σταυρών και ανθέων, καθώς και δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Αντιθέτως, η άρδευση με 180ml μεγαλύτερο αριθμό καρπών. Στο υπόστρωμα Expert παρατηρήθηκε ότι η άρδευση με 240ml έδωσε μεγαλύτερο ύψος, αριθμό φύλλων, καρπών, σταυρών και ανθέων, καθώς και δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Αντιθέτως, η άρδευση με 300ml μεγαλύτερο αριθμό κόμβων. Στο υπόστρωμα Master που η δόση άρδευσης ήταν 240ml και για τα δύο θερμοκήπια βρέθηκε ότι το δεύτερο θερμοκήπιο έδωσε καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος στο υπόστρωμα ελαφρόπετρα βρέθηκε ότι η άρδευση με 240 ml νερό έδωσε μεγαλύτερο ύψος, αριθμό φύλλων, σταυρών και κόμβων, καθώς και δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Αντιθέτως, η άρδευση με 120ml μεγαλύτερο αριθμό ανθέων και καρπών.

Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την ανάπτυξη της υδροπονικής θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας στα τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα. Και οι δύο τρόποι άρδευσης έδωσαν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα για το ύψος των φυτών, τον αριθμό των κόμβων, των σταυρών, των ανθέων και των καρπών καθώς και για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

## **6 Βιβλιογραφία**



## Ελληνική Βιβλιογραφία

- Δασκαλάκη Α. και Οικονομάκης Κ.Δ., 2003. Υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς σε ελαφρόπετρα, ζεόλιθο και περλίτη με ή χωρίς ανακύκλωση θρεπτικού διαλύματος. 20<sup>ο</sup> Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. 10, 366-369.
- Κατσούλας Ν. και Κίττας Κ., 2009. Παρουσιάσεις του μαθήματος Σύστημα Υδροπονικών Καλλιεργειών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κίττας Κ., 2001. Θερμοκήπια. Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος. Σελ. :7-16.
- Κίττας Κ., 2002. Υδροπονία και υδροπονικές καλλιέργειες. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος. Σελ. : 3-13.
- Κομνακάκος Ι., 2000. Η καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ.: 7-13, 31-41.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., 2005. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ.: 25-27, 34-38, 55-158.
- Μαυρογιανόπουλος Γ.Ν., 2006. Υδροπονικές εγκαταστάσεις. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ. :124-146.
- Ολύμπιος Χ.Μ., 1990. Η τεχνική της καλλιέργειας της τομάτας στο θερμοκήπιο. Αθήνα. Σελ.: 10-14.
- Ολύμπιος Χ.Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ.: 28-29, 53-55.
- Σιώμος Α.Σ., Παπαδοπούλου Π.Π., Ντόγρας Κ.Χ., 2001. Απόδοση και ποιότητα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού που καλλιεργήθηκε σε κλειστό υδροπονικό με υπόστρωμα ελαφρόπετρας και περλίτη. 20<sup>ο</sup> Συνέδριο της ελληνικής Εταιρίας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 10, 435-438.
- Στάμου Ε., Σάββας Δ., Γκίζας Γ., Αντωνίου Α., Καβαφάκης Χ., 2005. Επίδραση της κοκκομετρίας υποστρώματος ελαφρόπετρας και του υποδοχέα της στην παραγωγή αγγουριού και μαρουλιού. 22<sup>ο</sup> Συνέδριο της ελληνικής Εταιρίας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. 71-74.

## Ξένη Βιβλιογραφία

- Benton Jones Jr., 2000. Hydroponics. St. Lucie Press, Florida. pp: 1-5, 13-23.
- Benton Jones Jr., 1999. Tomato plant culture. CRC Press. pp: 18-23
- Favati F., and Lovelli S., 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 122, 562-571.
- Fernandez M.D., and Gonzalez A.M., 2007. Analysis of on- farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. *Science Direct*, 89, 251-260.
- Gul A., and Eroglu D., 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp- head lettuce. *Science Direct*, 106, 461-467.
- Gutierrez- Miceli A.F., and Santiago- Borraz J., 2007. Vericompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Science Direct*, 98, 2781-2786.
- James G. Larry., 1993. Principles of farm irrigation system design. Krieger Publishing Company, Florida. pp: 36-50.
- Katsoulas N., and Kittas G., 2006. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Science Direct*, 93, 237-244.
- Savvas D., and Passam H., 2002. Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, Athens. pp: 263-299.
- Sezen S.M., and Celikel G., 2006. Effect of drip irrigation management and different soilless culture on yield and quality of tomato grown in a plastic house. *Scientific information*, 9, 766-771.

## Διαδίκτυο

1. [www.e-geoponoi.gr](http://www.e-geoponoi.gr)
2. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%BF>
3. [www.fao.org](http://www.fao.org)
4. [www.grodan.com](http://www.grodan.com)
5. <http://mde-didaktiki.biol.uoa.gr/mde3/nifak/kalliergitikh%20texnikh.htm>
6. <http://plantpropagation.com/propagationmedia.htm>
7. [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 74260-61

93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105351